

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1981:91

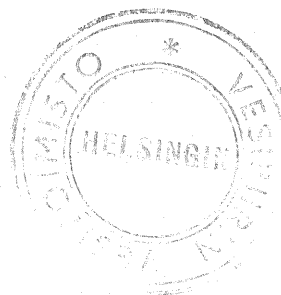
VESIHALLITUKSEN JA GEOLOGISEN
TUTKIMUSLAITOKSEN POHJAVESI-
SYMPOSIUMI

15.-16.10.1981

1981:91

VESIHALLITUKSEN JA GEOLOGISEN
TUTKIMUSLAITOKSEN POHJAVESI-
SYMPOSIUMI
15.-16.10.1981

Vesihallitus
Helsinki 1981



A L K U S A N A T

Vesihallitus ja Geologinen tutkimuslaitos järjestivät pohjavesisymposiumin 15.-16.10.1981 Valtion koulutuskeskuksessa Munkkiniemessä. Järjestävien laitosten yhteistyö-neuvottelukunta oli valinnut symposiumia järjestämään toimikunnan, johon kuuluivat puheenjohtajana fil.tri Esko Mälkki (vesihallitus) sekä jäsenenä fil.lis. Juho Hyyppä, fil.maist. Matti Taka ja fil.kand. Pentti Noras (Geologinen tutkimuslaitos) sekä fil.lis. Esa Rönkä ja fil.lis. Risto Lemmelä (vesihallitus).

Puheenjohtajina symposiumissa ovat toimineet: fil.lis. Risto Lemmelä (vesihallitus), toimistopääll. Antti Jokela (vesihallitus), fil.lis. Juho Hyyppä (Geologinen tutkimuslaitos) ja fil.kand. Pentti Noras (Geologinen tutkimuslaitos) aiheiden otsikkolehdistä (keltaiset sivut) ilmenevällä tavalla. Fil.tri Esko Mälkki on yhdessä fil.kand. Tuulikki Isotalon (vesihallitus) kanssa huolehtinut symposiumin julkaisun toimittamisesta.

S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

ALKUSANAT

POHJAVESISYMPOSIUMIN TULOSTEN TARKASTELUA JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

SYMPOSIUMIN AVAUS

Pääjohtaja Simo Jaatinen 9

POHJAVESI VESIHALLINNON TYÖKENTÄSSÄ

Professori Seppo Mustonen 11

POHJAVESI GEOLOGISEN TUTKIMUSLAITOKSEN TYÖKENTÄSSÄ

Tutkimusjohtaja Kauko Korpela 13

TEEMA I: POHJAVESI HYDROGEOLOGISISSA JA VEDENHANKINNALLISISSA TUTKIMUKSISSA SEKÄ GEOLOGISISSA KARTOITUKSISSA 17

1 GEOHYDROLOGINEN TUTKIMUS 19

Geohydrologinen tutkimus vesihallituksessa

Fil.lis. Jouko Soveri 21

Pohjavesi- ja maankosteusaineiston tilastomateriaalisesta käsittelystä

Fil.lis. Jouko Soveri ja fil.kand. Kirsti Granlund 25

Oripään pohjavesialueen vesitaseesta

Fil.maist. Oleg Zaitsoff 29

Puheenvuoroja aiheesta "Geohydrologinen tutkimus" 33

2 POHJAVESI JA GEOLOGINEN KARTOITUS 37

Hydrogeologinen karttatulkinta

LuK Erkki Herola 39

Pohjavesitutkimukset maaperäkartoituksen yhteydessä

Fil.maist. Matti Taka 41

Moreenityypit - pohjavesi

Fil.tri Pentti Lindroos 45

Puheenvuoroja aiheesta "Pohjavesi ja Geologinen kartoitus" 47

3 POHJAVEDENHANKINTAAN LIITTYVIA PERUSTUTKIMUKSIA (Muita kuin veden laatua käsitteleviä) 55

Kalliovesihavainnot yhdinjätetutkimuksissa

Fil.maist. Pekka Patrikainen 57

	Kallioperän pohjavesi - vedenhankinta Fil.lis. Esa Rönkä	63
	Vesihallituksen ja geologisen tutkimuslaitoksen kalliovesityöryhmän toiminta Dos. Heikki Niini	65
	Akviferien hydraulisten ominaisuuksien tutkiminen alueellisissa selvityksissä Fil.tri Esko Mälkki	67
4	POHJAVESIVAROJEN INVENTOINTI, HOITO JA SUOJELU	71
	Vedenhankintaan soveltuvien pohjavesivarojen inventointi Fil.tri Esko Mälkki	73
	Tärkeät pohjavesialueet Dipl.ins. Matti Nieminen	79
	Pohjavesiasioiden hoito vesipiirihallinnossa Dipl.ins. Mauno Rönkkömäki	85
	Maapatojen vaikutus pohjavesiolosuhteisiin Fil.maist. Mikko Jaako	91
	Kalliotunnelien vaikutus pohjavesiolosuhteisiin Fil.maist. Eero Pokki	99
	<i>Teeman I liittyviä sekä laitosten tms. puheenvuoroja</i>	103
	TEEMA II: POHJAVESIEN GEOKEMIALLINEN JA KEMIALLINEN TUTKIMUS	105
5	POHJAVEDEN LAATUUN JA SEN TUTKIMUKSIIN LIITTYVIA ERILLISAIHEITA	107
	Pohjavesien hydrogeokemiallinen kartoitus Fil.maist. Matti Taka	109
	Kalliovesien laatuhavainnot Fil.lis. Esa Rönkä	113
	Geologisten erityisolojen vaikutus pohjaveden laatuun Fil.lis. Juho Hyyppä	117
	Vesilaitosten raaka- ja käyttövesien tutkimus Fil.maist. Annika Sipilä	131
	Juomaveden terveydelliseen laatuun liittyvät tutkimustarpeet: kivennäisaineet ETT Jorma Kumpulainen	133

	Happimääritykset vedenhankintatutkimuksissa Fil.tri Esko Mälkki	137
6	RAUDAN, MANGAANIN JA AMMONIAKIN POISTO EILAITOSMAISELLA KÄSITTELYLLÄ	141
	Raudan ja mangaanin poisto jälleenimeytysmenetelmällä Fil.maist. Tuomo Hatva	143
	Ammoniakkin, mangaanin ja raudan poistokokeet Hituran pohjavedestä hapetus-suodatusmenetelmällä Vesihuolt.ins. Paavo Päätaalo	151
	<i>Puheenvuoroja pohjaveden laatuun ja sen tutkimukseen liittyvistä erillisaiheista</i>	157
7	POHJAVETTA LIKAAVA KUORMITUS	163
	Pohjavesissä esiintyvistä raskasmetalleista Fil.lis. Jouko Soveri	165
	Vesihallinnon koekentät pellolle levitettävän lietteen mahdollisesti aiheuttamasta pohjavesien kuormituksesta Maat. ja metsät.kand. Marketta Ahtiainen	167
	Hydrogeokemiallisen kartoituksen yhteydessä saatuja havaintoja ja niiden tulkinta Fil.maist. Matti Taka	175
III: POHJAVESITUTKIMUS KONSULTTITOIMINNAN KANNALTA		
	Pohjavesitutkimus konsulttitoiminnan kannalta Fil.maist. Heikki Wihuri	181

P O H J A V E S I S Y M P O S I U M I N T U L O S T E N T A R -
K A S T E L U A J A J O H T O P Ä Ä T Ö K S I Ä

Pohjavesitutkimus on Suomessa laajamittaisena nuorta ja osittain vielä suuntaansa hakevaa. Toimintaa on sekä valtion virastoissa että yksityissektorilla, mutta koska se on monisältöistä ja hajallaan, tarvitaan sekä asiallista tiedottamista että töiden koordinoitua. Tämän symposiumin tavoitteena on ollut:

- antaa informaatiota järjestävien laitosten aiheisiin liittyvistä toiminnoista niiden koordinoitua silmälläpitäen,
- esittää työkentässä muodostuvaa tutkimusaineistoa ja -tuloksia järjestäjäosapuolten sekä ulkopuolisten laitosten ja yritysten edustajille,
- kartoittaa työkentän tarpeita ja kehittämismahdollisuuksia,
- kouluttaa järjestävien laitosten henkilöstöä tuntemaan työkentän sisältöä ja aiheeseen liittyviä erilliskysymyksiä.

Tilaisuuden osanottajilta saatujen arviointilomakkeiden perusteella symposiumin sisältö on todettava onnistuneeksi ja se ainakin huomattavilta osin vastasi asetettuja tavoitteita. Molemmat pääteemat yksittäisine esityksineen antoivat hyvän läpileikkauksen koko pohjaveteen liittyvästä työkentästä, kuten useissa arviointilomakkeissa todettiin. Vastaavia tilaisuuksia toivottiin järjestettävän tulevaisuudessa.

Symposiumin osanottajien työn kannalta (arviointilomakkeessa käytetty peruste) keskeisiä aiheita oli runsaasti. Eniten oli kiinnostusta herättänyt veden laatuun ja käsittelyyn liittyvät kysymykset sekä vedenhankintaan soveltuvien vesivarojen inventointi, hoito ja suojele. Siten molempien järjestävien laitosten työkenttiin sisältyvät aihepiirit olivat edustettuna kiinnostusta herättävällä tavalla.

Symposiumin eri esitelmien ja käytyjen keskustelujen perusteella voitaneen vetää lisäksi seuraavat johtopäätökset:

1. Maaperäkartoituksen kehittyminen antaa myös pohjavesitutkimukselle yleisesti entistä parempia lähtökohtia. Kartoituksessa voidaan puolestaan hyödyntää pohjavesivarojen tutkimustuloksia.
2. Pohjaveteen liittyvää perustutkimusta on, mutta se ei läheskään kata eri käytännön, esim. vesihuollon tarvitsevan perustutkimuksen tarpeita. Yleisintä on veden laatuun liittyvä perustutkimus.
3. Jo saatavien perustutkimustulosten soveltaminen käytäntöön voi tuottaa vaikeuksia. Esimerkiksi pohjaveden muodostumisesta eri maalajeissa on mittaushavaintoja, mutta ongelmana on niiden hyödyntäminen. Suomen rakenteeltaan pienipiirteisissä geologisissa muodostumissa veden liikeilmiöt ovat komplisoituja ja mm. pelkästään pintamaalajien koostumuksen perusteella tehtävät aluearvojen tulokinnat epävarmoja. Kaivataan riittävän hyvin geologiset

rakenteet huomioonottavia tulkintoja, jotka kuitenkin varsinkin moreeni- mutta myös hiekka-soramuodostumissa ovat yksilöllisiä.

4. Veden laatua tutkitaan laajamittaisesti useassakin laitoksessa ja mm. vesihallituksen eri osastojen toimintojen puitteissa. Eri tarkoituksiin hankittujen vesinäytteiden käyttöarvo olisi ilmeisesti suurempi, jos kaikki veden laatuun liittyvät tutkimustarpeet tunnettaisiin ja näytteenotto-ohjelmat sekä suoritettavat määritykset koordinoitaisiin tarpeiden ja mahdollisuuksien mukaan. Veden terveydelliseen laatuun vaikuttavien tekijöiden selvittäminen on tässä suhteessa keskeisessä asemassa.
5. Glasifluviaalisten muodostumien pohjavesivarojen tutkimuksessa on muodostunut päällekkäisyyttä ja veden määrää arvioidaan eri perustein. VH:n ja GTL:n tulisi koordinoida töitään.
6. Tarvittaisiin luotettavia ennustekriteerejä ja ennusteita veden laadun odotettavissa olevista muutoksista; yhtäältä ulkopuolisista tekijöistä yleisesti aiheutuvista muutoksista ja toisaalta muutoksista, jotka aiheutuvat vedenoton vaikutuksesta. Viime mainituista ovat epäilemättä yleisimmät rauta- ja mangaanimäärien kasvu, mitä voidaan osassa pohjavesiä ennakoida tarkkailemalla veden happipitoisuuksia.
7. Huomattava osa haja-asutuksen vedenhankinnan vesilähteistä tulee perustumaan moreeni- ja kalliovesien käyttöön. Moreenien tutkiminen on laajamittaista ja niiden luokittelulle pyritään löytämään lähtökohtia myös vesitutkimuksen tarpeet huomioon ottaen. Kalliovesien tutkimus vedenhankintamielessä on samoin vasta alkamassa, mutta osa-alueilla on jo muodostumassa hyödyllistä havaintoaineistoa. Suhtautuminen kallioveteen ja sen tutkimustarpeisiin on muuttumassa.
8. Pohjaveden tila-muutokset luonnontilaisesta laadusta ympäristövaikutuksien seurauksena jäi tässä tilaisuudessa käytännössä vaille vastausta. Ko. seikkojen tuntemiseksi ja julkisuudessa esiintyvien, usein asiallisesti perustelemattomien kannanottojen vastapainoksi tarvittaisiin hyvin suunniteltua tutkimustyötä ja tiedottamista.

Voidaan todeta, että on tarve kehittää sekä luoda sellaista pohjavesipolitiikkaa ja -ajattelua, joka (1) parantaa edellytyksiä riittävän perus- ja sovelletun tutkimuksen suorittamiseen tällä tutkimusalueella, (2) lisää pohjaveteen liittyvien erikoisalojen tuntemusta ja arvostusta, (3) selventää tehtäväjakoa valtion eri laitosten kesken sekä (4) luo yhteistoimintaa niin valtion laitosten välille kuin yksityissektorin suuntaan.

Pääjohtaja Simo Jaatinen
Vesihallitus

S Y M P O S I U M I N A V A U S

Geologisen tutkimuslaitoksen ja vesihallituksen kesken on jo muutaman vuoden ajan ollut säännönmukaista ja sopimuksella järjestettyä yhteistyötä. Tämän yhteistyön eräänä näkyvänä osoituksena on myös nyt alkava yhteisesti järjestetty pohjavesisymposiumi. Juuri pohjavesi onkin se pääasiallinen elementti, joka luo kohtalonyhteyden laitosten välille.

Pohjavesi kuuluu monessa mielessä vesihallinnon toimialaan. Pohjaveden muodostuminen ja varastoitumisen vaihtelut ovat osa veden kiertokulkua luonnossa, maankuivatuksessa ja kas-
telussa, tulvasuojelussa ja muussa vesirakentamisessa pohjavesikysymyksillä on usein keskeinen osa ja ennen kaikkea pohjavesivarat ovat vedenhankinnan kannalta korvaamattomia. Voidaksemme kunnolla hoitaa laissa vesihallinnolle määrätty tehtävät meidän tulee tuntee pohjavedet, tietää niiden käyttötarpeet ja mahdollisuudet sekä kyetä säilyttämään ne riittämisinä ja laadultaan moitteettomina. Sopimuskumppanillamme geologisella tutkimuslaitoksella on puolestaan omat velvollisuutensa pohjavesitutkimuksen ja -tuntemuksen osalta, joiden osalta viittaa tutkimusjohtaja Kauko Korpelan tulevaan esitykseen.

Parhaillaan vietämme YKn julistaman kansainvälisen vesihuollon vuosikymmenen ensimmäistä vuotta. Nähdäkseni tämä pohjavesisymposiumi hyvin sopii erääksi vesihuollon vuosikymmenen tavoitteita tukevaksi tilaisuudeksi. Kun kuluneen kesän XXV valtakunnallisten vesihuoltopäivien yhteydessä julistettiin kansainvälinen vesihuollon vuosikymmen Suomen osalta alkaneeksi, määriteltiin samalla vuosikymmenen keskeisiksi kotimaisiksi tavoitteiksi

- käyttöveden laadun tutkiminen ja parantaminen
- haja-asutuksen vesihuollon edistäminen
- vesihuoltoalan koulutuksen edistäminen ja
- vesihuollon tutkimuksen edistäminen.

Kaikkia näitä tavoitteita tullaan käsittelemään tai sivuamaan tässä symposiumissa.

Vesihallinto on koko toimiaikansa pyrkinyt parantamaan vedenhankintaan tarvittavan veden laatua edistämällä pohjaveden käyttöä. Pohjaveden osuus yhdyskuntien vedenhankinnassa onkin jatkuvasti kasvanut 1-3 prosenttiyksikköä vuodessa. Viime vuoden lopulla pohjaveden osuus yli 200 asukkaan vedenhankintaa palvelevien vesilaitosten raakavedestä oli jo 44 %. Vuosikymmen aikaisemmin osuus oli 31 %. Pohjaveden osuus näiden yhteisten vesilaitosten ulkopuolelle jäävälle alueelle on luonnollisesti lähes 100 %.

Voidakseen suojella niin määrällisesti kuin laadullisesti vedenhankintaan käytettyjen tai tulevaisuudessa käytettäviä pohjavesivaroja, vesihallinnon toimesta on määriteltävä tärkeät pohjavesialueet. Näiden alueiden ensimmäinen määrittäminen tapahtui laadittaessa säännöksiä maalla tapahtuvien öljyhinkojen varalta. Kun tärkeät pohjavesialueet ovat soveliaita myös moneen muuhun taloudelliseen käyttöön, on alueet luonnollisesti yksityiskohtaisesti tutkittava ja niiden käyttötarve tarkoin punnittava. Tämä mittava työ on nyt aloitettu. Valtion vesihuollon edistämistä ohjaavan toiminnan uskottavuus riippuu paljon siitä, miten tärkeiden pohjavesialueiden määrittämisessä ja niiden suojaamisessa onnistutaan kaikki nykyiset ja tulevaisuuden tarpeet huomioon ottaen.

Edellä olevilla hajanaisilla ajatuksilla olen halunnut osoittaa tämän symposiumin aiheiden tärkeyttä ja ajankohtaisuutta. Pohjavesien tutkimuksen ja huolenpidon osalta on mittaamattomasti tekemätöntä työtä. Tästä syystä on tärkeätä, että pohjavesiä koskevia toimintoja voidaan koordinoita ja että saavutetut tulokset ovat kaikkien käytettävissä. Uskon, että tämä symposiumi tulee muodostamaan tärkeän tapahtuman näiden päämäärien edistämisessä. Kiittäessäni geologista tutkimuslaitosta hyvästä yhteistyöstä pyydän avata pohjavesi-symposiumin ja toivottaa sille parhainta menestystä.

Prof. Seppo Mustonen
Vesihallitus, vesientutkimuslaitos

P O H J A V E S I V E S I H A L L I N N O N T Y Ö K E N T Ä S S Ä

Pintaveteen liittyvällä tutkimuksella on Suomessa pitkät perinteet. Pintavesivarjoista muotoutui hyvä kuva jo tämän vuosisadan alussa, jolloin mm. tulvasuojelun ja voimatalouden tarpeet johtivat laaja-alaisen tutkimuksen muodostumiseen ja havaintoverkoston luomiseen.

Alueellinen pohjavesitutkimus on tähän verrattuna nuorta. Käytännön tarpeet johtivat 50-luvun lopulla tällaiseen pohjavesivarjojen tutkimukseen ja hyödyntämiseen ja tuolloin myös vesiviranomaisten pohjavesivarjoihin kohdistuva tutkimus käynnistyi. Se tapahtui melko nopeasti, mutta hajanaisesti, mikä osaltaan aiheutti epäkohtia. Tutkimus on vähitellen laajentuen ja yhtenäistyen hakenut nykymuotonsa sekä edelleen muotoutuu ja kehittyy.

Vesihallinnon pohjaveteen liittyvät tutkimustoiminnot voidaan pääpiirteissään jakaa vesientutkimuslaitoksen eri toimistoissa suoritettavaan perustutkimukseen sekä muissa yksiköissä suoritettavaan sovellettuun tutkimukseen. Edellinen tähtää mm. empiiristen havaintosarjojen saamiseen koskien niin pohjaveden määrää kuin laatua. Myös tutkitaan pohjaveden syntyyn liittyviä perusprosesseja samoin kuin käytännölle läheisempiä vedenhankintaa palvelevia menetelmiä.

Pohjavesivarjojen inventoinnit, jotka muodostavat sovelletun tutkimuksen pääosan, palvelevat erityisesti veden käyttöä suunnittelevia toimintoja. Tämä työ suoritetaan suurimmaksi osaksi vesipiireissä vesihallituksen huolehtiessa lähinnä työn koordinoinnista. Inventoinnit voidaan jakaa yhtäältä yhdyskuntien tai vastaavien vedenhankintaan soveltuvien vesivarjojen tutkimuksiin ja toisaalta erityisesti alkaneen kansainvälisen vesihuollon vuosikymmenen myötä haja-asutuksen vedenhankintatutkimukseen, joka tulee saamaan tutkimuspotentiaalia aikaisempaa huomattavasti runsaammin.

Pohjavesialueiden maankäytön ja muu pohjavesialueiden suojeleluun tähtäävä valvonta on käytännön kentässä laaja osa ja vaatii pohjavesialueiden olosuhteista hyvää perustietoa. Inventoivien tutkimusten yhteydessä hankitaankin pohjavesien suojelun ja valvonnan kannalta tarvittavaa perustietoa ja suojelututkimuksia suoritettaessa vastaavasti saadaan "palautteena" myös vesivaratietoa.

Johtuen toimintojen moninaisuudesta, pohjaveteen kohdistuva työ on sekä keskusvirastossa että piirihallinnossa paljolti jakautunut eri osastoille ja toimialoille. Vesihallinnon työkentälle leimaa antava piirre kuitenkin on, että erityisesti pohjaveteen liittyvät käytännön toiminnot laajalti nivoutuvat yhteen - vesivarjojen tutkimus, käytön ja suojelun suunnittelu ja valvonta - pohjautuvat varsin pitkälle piiri-

hallinnon työtä hoitavan henkilöstön yhteistyöhön ja toisaalta yhteistyöhön keskusviraston eri toimistojen kanssa. Tämän viraston sisäisen yhteistyön ja tiedon tason kehittämisen tarpeeseen on myös asiaa selvitetty vesihallituksen työryhmä kiinnittänyt huomiota.

Tehtäväkentän hoidossa tarvitaan monipuolisen asiantuntemuksen omaavia työryhmiä ja erityisasiantuntijoita, jotta yhä vaativammaksi muuttuvan työkentän haasteisiin voidaan vastata. Esimerkkinä voidaan mainita pohjavesien hyödyntämisen kannalta varsin monitahoiset pohjaveden laatukysymykset, ihmistöiminnan pohjavesiväyhykkeen olosuhteita muuttava vaikutus, vesivarojen hyödyntämisen aiheuttamat ympäristövaikutukset jne.

Työkentässä muodostuvan laajan aineiston täysimääräinen hyväksikäyttö, mm. edellä mainittuja tarkoituksia ajatellen, on mahdollista vain jos aineisto voidaan muokata käyttökelpoiseen muotoon pohjavesitiedostoksi. Osa perustutkimusaineistoa on jo taltioitavissa tietokoneelle, mutta merkittävää käyttökelpoista tietoa on vielä järjestelmällisen taltioinnin ja hyödyntämisen ulkopuolella. Eräänä tältä kannalta merkittävänä tavoitteena on sopivan mittakaavaisen vesivarakartaston luominen.

Pohjavesitutkimustoiminnan laajuuden vuoksi ja sen tapahtuessa eri laitoksissa on paikallaan eritellä tehtäväkentän eri osia työn mahdollisen päällekkäisyyden välttämiseksi. Tämä symposiumi eri osa-aiheineen tulee antamaan toimintojen jatkosuunnittelulle arvokkaita viitteitä.

Prof. Kauko Korpela
Geologinen tutkimuslaitos

P O H J A V E S I G E O L O G I S E N T U T K I M U S L A I T O K -
S E N T Y Ö K E N T Ä S S Ä

Asetus Geologisesta tutkimuslaitoksesta määrää Geologisen tutkimuslaitoksen suorittamaan kauppa- ja teollisuusministeriön alaisena Suomen geologista tutkimusta tieteen ja käytännön vaatimusten mukaisesti. Tutkimuslaitoksen tulee suorittaa maan geologista tutkimusta ja kartoitusta sekä maan kallio- ja maaperän raaka-ainevarojen etsimistä ja tutkimusta erityisesti huomioon ottaen kaivosteollisuuden ja muun elinkeinoelämän edistäminen.

Asetuksessa ja työjärjestyksessämme on maaperäosaston kohdalla velvoite pohjaveden geologisesta tutkimuksesta. Geologisen tutkimuslaitoksen pohjavesitutkimukset määräytyvät siis asetusteitse, mutta ei se yksinomaan selitä sitä, miksi me teemme pohjavesitutkimuksia. Painavin syy mielestäni pohjavesitutkimuksien tekemiseen on, että ei voida erottaa toisistaan vettä, maata ja kalliota. Ne ovat luonnossa kiinteässä vuorovaikutuksessa. Mineraalin, maalajin ja veden koostumuksen keskinäiset riippuvuussuhteet ovat intensiivisesti toisiinsa vaikuttavia. Esim. maalajien raekoostumus vaikuttaa vesipitoisuuteen, vedenläpäisevyyteen, kapillaarisuuteen, routivuuteen, kantavuuteen jne. Pohjaveden laadusta voidaan puolestaan johtaa korrelointi takaisin maa- ja kallioperän ominaisuuksiin. Pohjavesi antaa alueellisen kokonaiskuvan geologiasta, ikäänkuin laimennetun kuvan maa- ja kallioperästä ja niiden rakenteesta. Kun pohjavedestä saatu tieto yhdistetään muuhun geologiseen tietoon, meillä on hallussamme laimennettu "malmimehu" virtaamassa malmikohteesta. Tämä mehu saattaa muihin malminetsintämenetelmiin yhdistettynä olla todella tuloksellista malminetsintää. Odotan pohjavesigeologialta purevaa otetta malminetsinnässä. Näyttöä on viime vuosina saatu esim. Sotkamon Talvivaaran malminetsintäalueelta. Toivon ja uskon, että hydrogeokemiallisen kartoituksen tulokset yhdistämällä moreenimuodostumista saataviin geokemiallisiin tuloksiin saamme valoa malmin kätköpaikkojen etsimiseen.

Geologisen tutkimuslaitoksen osuus kansanterveyden tutkimustyökysymyksissä on ollut vähäistä. Kuitenkin on jo entuudestaan tunnettu, että esim. jodi, fluori ja seleeni esiintyvät geologisen synnyn ja rakenteen mukaisesti keskittyen määrättyihin geologisiin muodostumiin. On varmasti muitakin alkuaaineita ja yhdisteitä, joiden suhteellisiin määriin ja jakautumiin vaikuttaa alueen geologia. Tutkimalla tarkemmin minkälaisina yhdisteinä alkuaineet esiintyvät luonnossa ja missä muodossa elimistö ne itseensä sitten ottaa; on varmasti tutkimisen arvoinen asia.

Geologinen tutkimuslaitos tuottaa runsaasti pohjavesiaineistoa, joka jo sellaisenaan tai yhteistyöryhmien työn tuloksena on muokattavissa käyttökelpoiseen muotoon. Me olemme yhteistyöhalukkaita. Kun tarjoudun tässä yhteistyöhalukkaaksi lääke- ja ravitsemustieteen alalla niin esitettäköön samalla myös toinenkin tarjokas; geokemia. Geokemiallisen aineiston edelleen tulkitsemista riittää kaikille asiasta kiinnostuneille.

Kallioperän rakenteesta, rakoilusta ja murroksista on aineistoa, joka on saatu kallioperäkartoituksen työn tuloksena. Tämä on käyttökelpoista perusmateriaalia pohjaveden virtauksia tutkiville. Sorainventointituloksemme lienevät pohjavesitutkijoiden kannalta vähintäänkin mielenkiintoisia.

Pohjavesigeologian kannalta tarkastellen meidän tutkimuskenttämme pääpiirteet ovat maa- ja kallioperän rakenteen tutkimukset. Tutkitaan maa- ja kallioperää muodostumana, ei pisteinä eikä yksittäisinä pohjavesikaivohavaintoina. Pyritään selvittämään maa- ja kallioperän muodostumien ominaisuudet pohjaveden kerääjinä ja antajina. Tämä on itseasiassa meidän normaalia geologista kartoitusta.

Geologinen tutkimuslaitos tutkii veden esiintymistä maa- ja kallioperässä ja veden vaikutusta maaperän rakenteeseen ja ominaisuuksiin sekä veden geologisten ominaisuuksien keskinäistä vuorovaikutusta. Tähän liittyvät kiinteästi maa- ja kalliovesien hyväksikäyttöön tähtäävät tutkimukset. Tässäkin olemme yhteistyöhön valmiita. Me tutkimme veden esiintymistä ja sen aiheuttamia ilmiöitä veden ja sen väliaineen ts. maa- ja kallioperän vuorovaikutusta geologisia tekijöitä painottaen. Tutkimukset käsittävät mm. maaperämuodostumien laajuuden, paksuuden, kerrosjärjestyksen eri kerroksien selvittämistä ja sitä kautta saatavaa tietoa veden virtaamisesta ja virtausolosuhteista.

Kallioperäkartoitukseen kuuluu tektoniikan, ruhjesuuntien ja rakoilusuuntien kartoitus. Näitä tietoja tarvitsevien on herätettävä Geologinen tutkimuslaitos huomaamaan näiden kartoitussivutuotteiden arvo ulkopuolisille, jotta me panisimme materiaalimme ulos annettavaan muotoon. Kallioperän niissä osissa, joihin on muodostunut yhtenäisiä tektoonisia rakosysteemejä, voi esiintyä laaja-alaisia hydraulisesti yhtenäisiä systeemejä. Geologisella tutkimuslaitoksella olisi valmiutta ja jo valmistakin tietoa näistä. Pohjavesitutkijoiden on vain herätettävä meidän kallioperäosastomme tähän yhteistyöhön.

Merkittävän osan Geologisen tutkimuslaitoksen pohjavesigeologisesta tutkimussektorista muodostaa vesien koostumuksen ja siihen vaikuttavien tekijöiden selvittely. Geologisen tutkimuslaitoksen vesitutkimukset ovat nykyään hydrogeokeemia painotteisia. Meillä ei ole osoitettu pohjavesitutkimuksiin paljon resursseja viimeaikoina, joten kairaukset, koekaivot, pumppaukset jne. on ollut pakko rajoittaa hyvinkin vähiin. Apuna pohjavesitutkimuksissa käytetään geologin kenttähavaintoja, geofysikaalisia mittauksia, laboratoriomäärittelyksiä. Suurena puutteena hydrogeologiselle tutkimukselle on, että Suomessa ei ole lakiin perustuvaa porakaivoarkistoa. Koko maan kattava maankamaraa ja sen sisältämää vettä koskeva, kaikkien asiaa käsittelevien tahojen yhteinen, tietokonepohjainen arkisto olisi välttämätön hydrogeologiselle ja hydrogeokemialliselle tutkimukselle.

Yhteenvetona totean, että pohjavesi kuuluu geologiseen muodostumaan ja siksi Geologinen tutkimuslaitos tutkii pohjavettä.

TEEMA I

POHJAVESI HYDROLOGISESSA JA VEDENHANKINNALLISISSA
TUTKIMUKSISSA SEKÄ GEOLOGISISSA KARTOITUKSISSA

1. GEOHYDROLOGINEN TUTKIMUS

Puheenjohtaja: fil.lis. Risto Lemmelä

Fil.lis. Jouko Soveri
Vesihallitus/hydrologian toimisto

G E O H Y D R O L O G I N E N T U T K I M U S V E S I H A L L I - T U K S E S S A

Pohjavesitietojen tarve on tullut viime vuosina voimakkaasti esiin pohjaveden käytön ja sen suojeluvaatimusten lisääntyessä. Tällä hetkellä pohjavettä käytetään noin 40 % veden kokonaiskäytöstä teollisuus mukaan lukien. Noin 60 % koko Suomen väestöstä käyttää pohjavettä talousvetenä ja kokonaiskulutuksen arvioidaan olevan n. 500 000 m³/d.

Geohydrologisia tietoja tarvitaan monessa muussakin yhteydessä kuin vedenhankintaan liittyvissä tehtävissä. Geohydrologisilla tiedoilla tarkoitetaan tässä kaikkia niitä kemiallisia ja fysikaalisia tekijöitä, jotka liittyvät hydrologiseen kiertoon maanpinnan alapuolella sekä vaikuttavat ympäristöön sen elolliseen toimintaan.

Geohydrologisia tietoja tarvitsevat useat eri ammattikunnat toisistaan riippumatta. Maa- ja metsätaloudellisissa tehtävissä on maaperän vesisuhteilla usein tärkeä merkitys. Geotekninen suunnittelu ja rakentaminen vaativat tietoja maaperän kosteusoloista sekä pohjaveden korkeudesta ja sen käyttäytymisestä. Maiseman suojeluun liittyvät tehtävät edellyttävät melkein aina pohjaveden virtausolosuhteiden tuntemista.

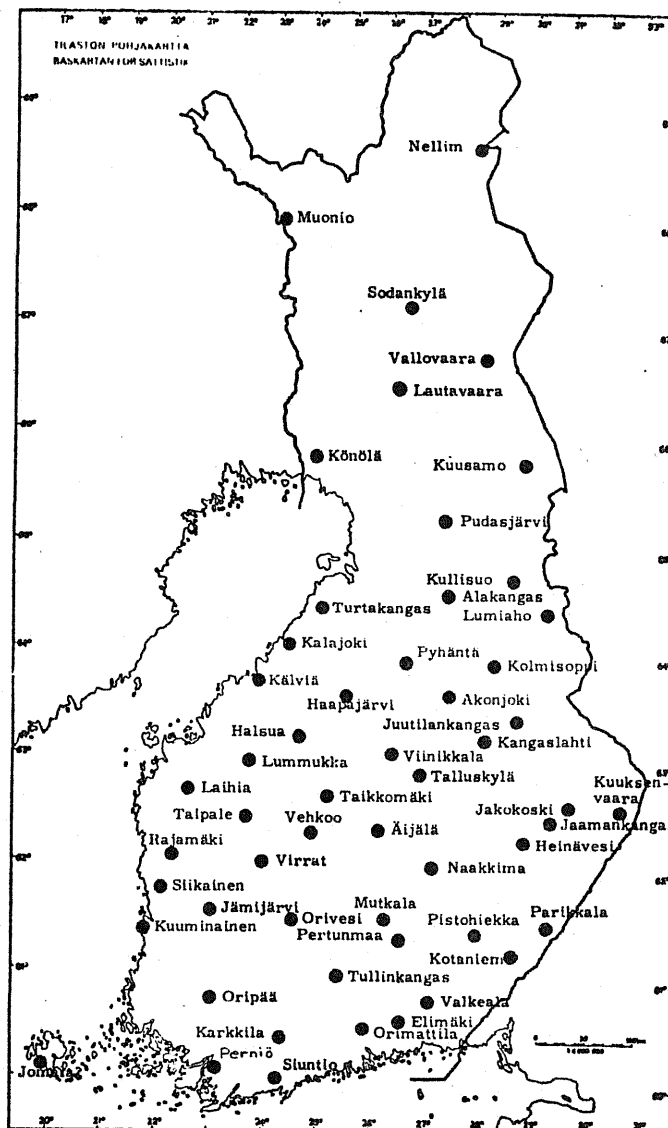
Geohydrologinen perustutkimus aloitettiin vesihallituksessa vuonna 1974. Nykyinen tutkimusverkko käsittää 54 pohjavesitutkimusasemaa erilaisilla ilmasto- ja maaperäalueilla (kuva 1).

Pohjavesiasemilta saadaan perustietoja sadannasta, lumen vesiarvosta ja kemiallisesta koostumuksesta, maankosteudesta, roudasta, haihdunnasta, pintavalunnasta sekä pohjaveden määrästä ja laadusta.

Pohjaveden korkeutta mitataan kullakin asemalla kymmenessä havaintoputkessa manuaalisesti kaksi kertaa kuukaudessa sekä automaattisesti yhdessä pisteessä.

Maankosteuden mittaukset selittävät pohjaveden muodostumista so. maaperän kykyä varastoida ja luovuttaa vettä. Maankosteuden mittaukset suoritetaan neutronimittarilla 13 asemalla viidessä havaintopisteessä sekä lysimetrikentillä keran kuussa.

Routamittaukset tehdään routakautena kaksi kertaa kuussa. Mittalaitteena on metyleenisiniputki, jossa värinesteen muuttuminen ilmaisee roudan paksuuden. Routamittauksien yhteyteen liitetään myös maan ja ilman lämpötilamittaukset.



Kuva 1. Vesihallituksen pohjavesiasemaverkko.

Lysimetrikokeiden so. maatäytteisten astioiden avulla tutkitaan maaperän ominaisuutta suodattaa ja pidättää sadevesiä. Myös haihdunnan osuutta voidaan arvioida lysimetrikokeilla ja maankosteuden mittauksilla. Maapatsaan läpi suotautuva vesimäärä mitataan erillisessä astiassa limnigrafilla. Lysimet-rin vieressä on aina automaattinen sadeasema, jolloin sadan-nan ja suodannan välinen viive saadaan lasketuksi.

Pintavalunta so. alueelta poistuva pintavesien määrä laske-taan mittapadolla, johon on useimmissa tapauksissa yhdistetty piirtävä vedenkorkeusmittari.

Pohjaveden fysikaalisten havaintojen lisäksi tehdään pohja-vesiasemilla myös pohjaveden laadun seurantatutkimuksia. Tar-koituksena on selvittää pohjaveden tilassa ajallisesti tapah-tuvia muutoksia, miten nämä muutokset ovat riippuvaisia poh-javeden eri muodostumisvaiheista ja erilaisista ympäristöte-kijöistä.

Pohjavesinäytteet kerätään joka toinen kuukausi luonnon lähteistä tai sitä varten rakennetuista muovisista näytteenotto-putkista. Pohjavesinäytteistä tehdään seuraavat määritykset: veden lämpötila, pH, sähkönjohtavuus, happipitoisuus, alkaliniteetti, permanganaattiluku, nitraatti, nitriitti, ammoniakki, fosfaatti, kokonaisrauta, mangaani, kokonaiskovuus, vapaa hiilidioksidi, kloridi, sulfaatti, fluoridi, natrium, kalium, koboltti, kadmium ja elohopea.

Geohydrologisen tutkimuksen tehtävät ja tavoitteet vesihallituksessa:

A Perustutkimus

- pohjaveden virtaus- ja muodostumisselvitykset
- pohjaveden määrän ja laadun aika- ja aluevaihtelut
- pohjaveden osuus hydrogeologisessa kiertossa vesi- ja ainetaseiden avulla

B Sovellettu tutkimus

- vertailuselvitykset
- ennusteet
- ympäristön valvonta
- pohjaveden määrän ja laadun paikalliset ja alueelliset tilannearviot

C Informaatio

- hydrogeologinen kuukausitiedote ja vuosikirja
- vesihallituksen julkaisusarjat
- muut kotimaiset ja kansainväliset julkaisusarjat
- tiedotusvälineet

D Kansainvälinen yhteistyö

Fil.lis. Jouko Soveri
 Fil.kand. Kirsti Granlund
 Vesihallitus/hydrologian toimisto

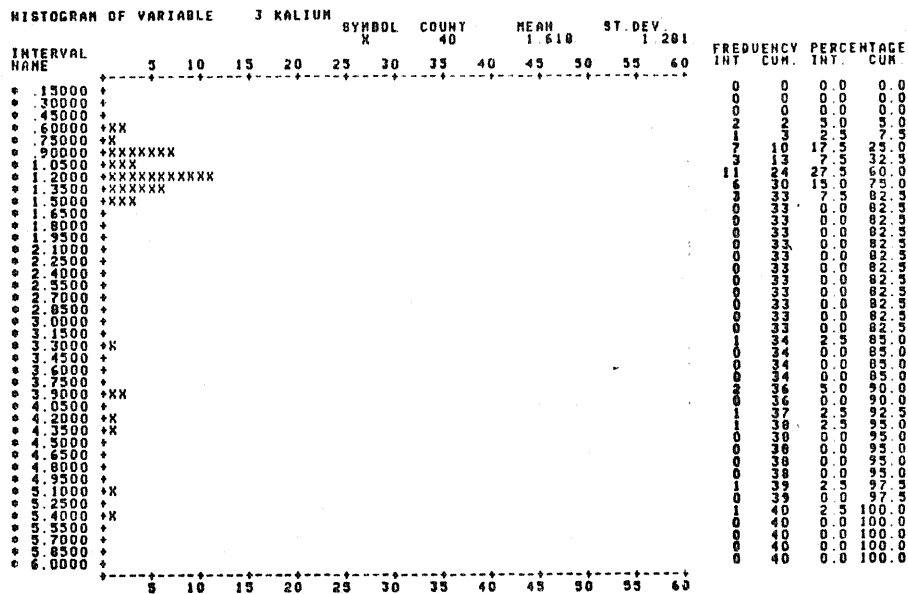
P O H J A V E S I - J A M A A N K O S T E U S A I N E I S T O N
 T I L A S T O M A T E M A A T T I S E S T A K Ä S I T T E L Y S T Ä

Vesihallituksen pohjavesiasemaverkosto tuottaa vuosittain pohjavesi- ja maankosteushavaintoja lähes 200 000 kpl. Eniten numeerista materiaalia kertyy pohjaveden korkeuden mittauksista, maankosteusmittauksista sekä pohjavesinäytteiden kemiallisista analyysistä. Pohjaveden korkeustiedot käsitellään vielä toistaiseksi manuaalisesti, mutta suurten havaintomäärien tehokas analysointi edellyttää luonnollisesti automaattista tietojenkäsittelyä.

Tavoitteena on kehittää pohjavesien havaintotuloksista erilaisia rekistereitä, jotka toimisivat perustana paitsi säännölliselle raportoinnille myös varsinaiselle tutkimukselle. Esimerkiksi pohjavesien korkeustietojen rutiinikäsittelyssä sopivia tulosteita olisivat tilastollisten tunnuslukujen lisäksi muutokset edellisiin mittauksiin ja poikkeamat jostain vertailutasosta. Pintaveden korkeustiedoista tällainen rekisteri on jo olemassa. Vesihallituksen PDP-tietokoneella on valmiita ohjelmistoja käytettävissä tilastollisten analyysien suorittamiseksi.

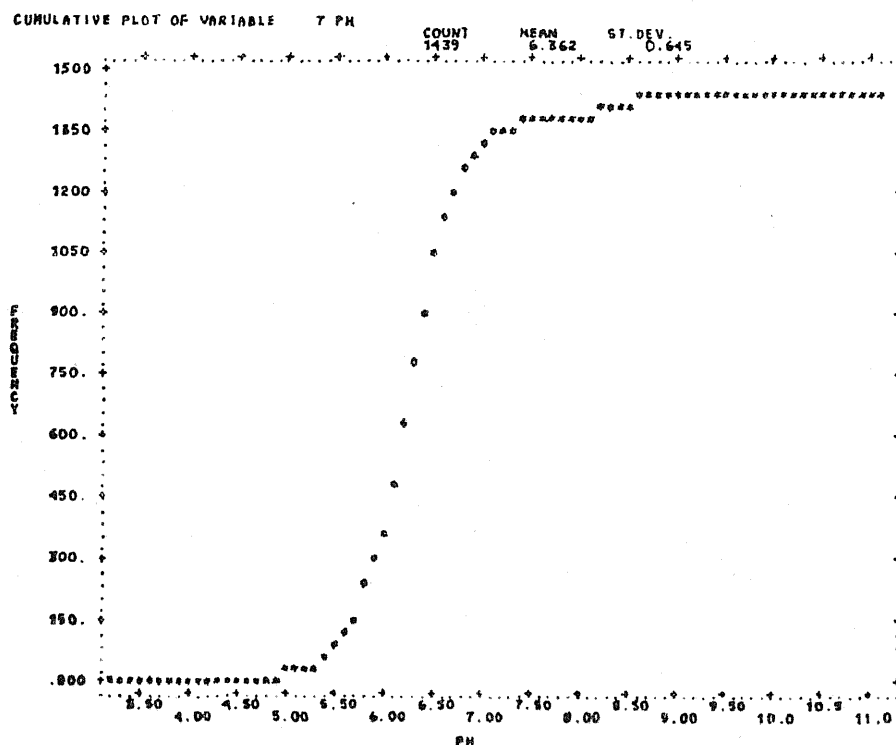
Vesistöjen veden laadun seurantatulosten rekisteröimiseksi kehitettiin valtion tietokonekeskuksessa 1970-luvun alussa automaattinen tietojenkäsittelysystemi. Näin syntyneeseen vedenlaaturekisteriin on myös pohjavesiasemaverkoston valmistuttua kerätty asemilta otettujen näytteiden analyysitulokset. Pohjavesinäytteistä tehdään keskimäärin 25 eri määrittystä ja tulokset tallennetaan rekisteriin näytekohtaisesti. Tietueeseen kuuluu havaintopaikan tietoja ilmoittava osa ja varsinaiset määrittäytulokset sisältävä osa. Havaintopaikkakohtaisia tietoja ovat esimerkiksi vesipiirin koodi, päivämäärä, pohjavesiaseman koordinaatit ja havaintopaikan nimi. Tulokset tallennetaan magneettinauhalle vesihallituksen tallentamossa. Varsinainen rekisterin päivitys tapahtuu valtion tietokonekeskuksessa. Tuloksia on tällä hetkellä rekisterissä noin 2 500 näytteestä. Tietojen poiminta rekisteristä tapahtuu poiminta- ja listausohjelmiston avulla. Poimintaehtoina voidaan vesipiirin ja havaintoaseman koordinaattien lisäksi antaa näytteenottopäivämäärä, tutkimuskoodi ja eri määrittysten koodit. Näin vedenlaaturekisteri tarjoaa mahdollisuuden pohjaveden laatutietojen tarkasteluun ajan ja paikan suhteen.

Vedenlaaturekisterissä olevien pohjavesitietojen jatkokäsittely aloitettiin vuonna 1980. Rekisterin tiedot on alustavasti tarkistettu ja osa aineistoa on käsitelty PDP:llä käytössä olevalla BMDP-ohjelmistolla. Ohjelmisto sisältää yli 30 havaintoaineiston kuvaamiseen ja analysointiin soveltuvaa tilastomatemaaattista ohjelmaa. Asemakohtaisesti on tilastollisten tunnuslukujen lisäksi tulostettu myös frekvenssijakaumia ja histogrammeja. Kuvassa 1 esitetään Kuuksenvaaran



Kuva 1. Kuuksenvaaran pohjavesiasemalta kerättyjen näytteiden kalium-pitoisuuksien jakauma (mg/l).

pohjavesiasemalta kerättyjen näytteiden kalium-pitoisuuksien jakauma. Yksikkönä on mg/l. Yleiskuvan saamiseksi tulostettiin eräille parametreille histogrammeja, joissa on mukana kaikki rekisterissä olevat tulokset. Kuvassa 2 esitetään pH-arvojen kumulatiivinen käyrä. Havaintoja oli kevääseen 1980 mennessä kertynyt noin 1 400 kpl. Jatkokäsittelyyn pyritään valitsemaan ne asemat, jotka parhaiten edustavat erilaisia ilmastollisia ja geologisia olosuhteita. Jotta analyysillä olisi tilastollista merkitsevyyttä, on myös erittäin tärkeää, että käsiteltävä havaintosarja on yhtenäinen ja luotettava.



Kuva 2. Pohjavesien pH-arvojen kumulatiivinen jakauma.

Maankosteuden säännöllisillä mittauksilla pyritään arvioimaan maaperän kykyä varastoida ja luovuttaa vettä. Mittaustulosten käsittelemiseksi on kehitetty atk-systeemi, jonka käyttöönottoa valmistellaan. Vuosien 1975-1980 tulokset (n. 1 000 havaintokertaa) on alustavasti tarkistettu virheellisten mittausten poistamiseksi. Laitteiden kalibrointifunktioita joudutaan niin ikään vielä tarkistamaan. Atk-systeemissä lasketaan maastossa havaituista tuloksista maaperän suhteellinen kosteus prosentteina ja vesipitoisuuden jakautuminen syvyyden funktiona (ns. kosteusprofiili). Laskenta tapahtuu kuukausittain. Kuukausiajossa tulostetaan havaintoputkittain kosteusarvot sekä kosteusprofiilit. Tulosteilla on käyttöä esimerkiksi ennusteiden laatimisessa. Vuosiajossa listataan havaintoputkittain kosteusarvot koko vuoden ajalta ja kosteuden muutos edelliseen havaintokertaan verrattuna. Edelleen voidaan tulostaa kosteuden jakautuminen millimetreinä ajan funktiona eri syvyyksillä sekä ääriarvojen profiilit. Vuosiajon tulokset sopivat sellaisenaan julkaistavaksi. Niillä on käyttöä myös matemaattisia malleja kehitettäessä.

Fil.maist. Oleg Zaitsoff
Vesihallitus/hydrologian toimisto

ORIPÄÄN POHJAVESIALUEEN VESITASEESTA YLEISTÄ

Oripään harjun pohjavesitutkimusalue sijaitsee n. 50 km Turusta pohjoiseen, Oripään pitäjän Myllykylässä. Tutkimusalue käsittää Myllylähde nimisen lammen (n. 3 ha) ja sen valuma-alueen (kuva 1). Hydrologian toimisto on suorittanut alueella havaintoja jo lähes 15 vuotta. Vuodesta 1966 alkaen alueella on toiminut sadeasema ja lähteen virtaamia seurataan Thompson-mallisen mittapadon avulla. Eri aikoina alueelle sijoitettiin yhteensä 45 kpl pohjavesiputkia. 1970-luvun alkupuolella asetettiin kojut lämpötila- ja ilmankosteushavaintoja varten sekä rakennettiin 2 lysimetriä. Oripäässä tehtyjen havaintojen avulla pyrittiin määrittämään tyypillisesä harjumaastossa sijaitsevan tutkimusalueen vesitaseen pääkomponentit ja selvittämään niiden välisiä vuorovaikutuksia.

VALUMA-ALUEEN MÄÄRITYS

Tutkimalla alueen valunnan kokoavan lähteen eri osien lämpötilaeroja hahmoteltiin valuma-alueen jakauma lähteen ympärillä. Tutkimalla alueen geologiaa ja putkissa havaittuja pohjaveden pinnankorkeuden eroja sekä suorittamalla vesitaselaskelmia selvitettiin valuma-alueen likimääräinen pinta-ala (n. 7 km²). Suodannan seuranta lysimetrin avulla teki mahdolliseksi operoimisen ilman vaikeasti määritettäviä haihdunnan arvoja. Transpiraation ja maavesivaraston muutoksen arvot joko arvioitiin tai valikoitiin sellaiset jaksot, joiden aikana niiden vaikutus on merkitykseltään pieni.

VUOSITRANSPIRAATION MÄÄRITYS

Tarkistamalla vuosijakson 1973-80 vesitaseet vuosittain, huhtikuun 1 päivästä seuraavan vuoden huhtikuun 1 päivään (maavesivaraston minimiajankohtien välillä) selvitettiin likimääräiset vuositranspiraation määrät. Yhtälö:

$$E_T = S - \frac{Q}{F} - \mu (H_2 - H_1)$$

E_T = transpiraatio

S = haihdunta

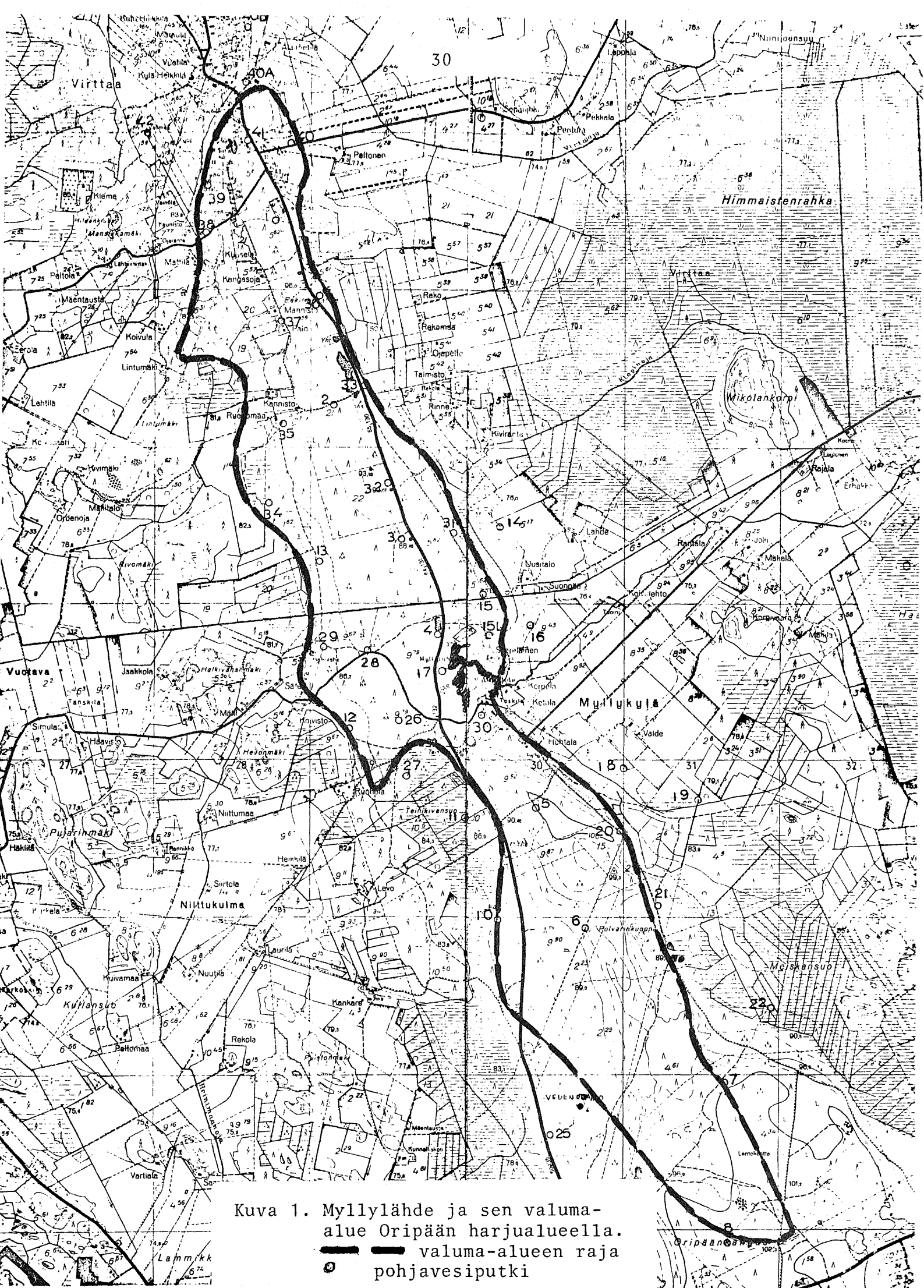
Q = virtaama

F = valuma-alueen pinta-ala

μ = tehollinen huokoisuus

$H_2 - H_1$ = pohjaveden pinnankorkeuden muutos

Todettiin vuositranspiraation arvojen huomattavasti vaihtelevan (43-164 mm/v). Tulokset viittaavat myös siihen, että vuositranspiraation määrä on jossain määrin riippuvainen huhti-toukokuun suodannasta.



Kuva 1. Myllylähtö ja sen valuma-
 alue Oripään harjualueella.
 — valuma-alueen raja
 ● pohjavesiputki

VUOSIKESKIIARVOT

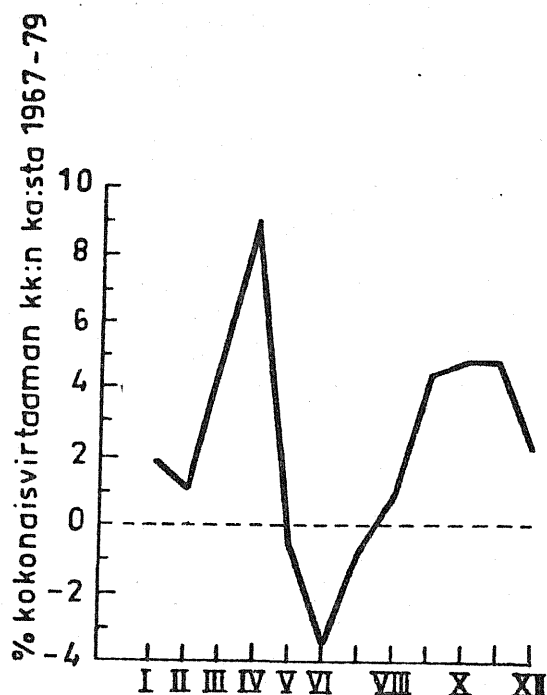
Laadittiin kalenterivuositain vesitaseet jaksolle 1973-79, laskettiin tasekomponenttien keskiarvot sekä niiden prosentuaaliset osuudet sadannasta (taulukko 1). Todettiin suodanan ja transpiraation vuosiarvojen prosentuaalisen osuuden sadannasta kasvavan vuosisadannan kasvaessa. Todettiin myös, että virtaaman vuosiarvot ovat lähes riippumattomia saman vuoden sadannasta, mutta ovat selvästi riippuvaisia pohjaveden pinnankorkeudesta.

Taulukko 1. Oripään pohjavesialueen tasekomponenttien keskiarvot ja niiden prosentuaaliset osuudet sadannasta vuosijaksolla 1973-1979.

	Vuosikeskiarvot 1973-1979 mm/v	Sadannasta %
Sadanta	642	
Suodanta	454	71
Haihdunta maanpinnasta	188	29
Transpiraatio	90	14
Kokonaishaihdunta	278	43
Virtaama	358	56
Vesivaraston muutos	+ 68	11

PINTAKERROSVALUNNAN MÄÄRITTÄMINEN

Tarkasteltiin virtaaman ja pohjavedenkorkeuden aluearvon 10 p:n keskiarvojen välistä korrelaatiota. Valikoimalla kesäiset sateettomat ja talven pakkaskaudet pyrittiin selvittämään sateiden ja sulavesien vaikutuksista vapaan pohjavedenkorkeuden ja virtaaman välistä riippuvuutta. Sijoittamalla saatuun yhtälöön päivittäisiksi interpoloidut pohjaveden pinnankorkeuden arvot laskettiin jokaiselle tarkasteltavan kauden (1967-79) päivälle teoreettiset, ainoastaan pohjaveden korkeudesta riippuvat virtaama-arvot, jotka sitten vähennettiin havaituista päivittäisistä virtaamista. Erotukset laskettiin kuukausittain yhteen. Erotusten positiiviset arvot kuvastavat pintakerrosvalunнан likimääräisen vaikutuksen, joka näyttää olevan keskimäärin n. 3-5 % vuosivalunnasta. Erotusten negatiiviset arvot, jotka enimmäkseen esiintyvät kesäaikana, viittaavat puiden transpiraation virtaamia vähentävään vaikutukseen (kuva 2).



Kuva 2. Mitatun ja teoreettisen virtaaman erotus Oripään pohjavesialueella.

HAIHDUNNAN MÄÄRITYS ILMASTOLLISTEN PARAMETRIEN AVULLA

Sadannan ja suodannan erotuksena saatujen haihdunta-arvojen lisäksi, haihduntaa vertailun vuoksi laskettiin myös kahdella ilmastollisiin parametreihin perustuvalla määrittämenetelmällä. Toinen niistä (Budykon) perustuu sadannan ja säteilyn vaikutuksiin ja käsittää niin haihduntaa maanpinnasta, kuin transpiraatiotakin. Toinen, Andrejanovin menetelmä, perustuu sadannan määrien ja potentiaalisen haihdunnan vaikutuksiin. Se käsittää ainoastaan maan ja aluskasvillisuuden pinnasta tapahtuvaa haihduntaa. Vertailemalla näiden menetelmien avulla lasketut vuosien 1973-77 kokonaishaihdunnan kesäarvot ja taseesta lasketut kokonaishaihdunnan vuosiarvot voidaan olettaa, että talviihaihdunnan (loka-huhtikuun) osuus on ehkä n. 40 mm/v.

MAAVESIVARASTON MUUTOKSET

Laskettuja kuukausiihaihdunta-arvoja ja lysimetrihavaintoja hyväksikäyttäen, vesitaseyhtälöstä jäännösterminä saatiin kuukausittaisten maavesivaraston muutosten arvot. Muutosten vuosirytmä on pääpiirteissään sama kuin pohjavesivaraston, mutta yleensä käy jonkin verran sen edellä ja reagoi herkemmin sateiden vaikutukseen. Tutkimusalueen keskimäärin 5,38 m vahvassa pohjaveden pinnan yläpuolella olevassa maaperäkerroksessa maaveden varasto vaihteli ko. 5-vuoden jaksona 110 mm:n rajoissa. Keskimääräinen vaihtelu vuoden aikana oli n. 64 mm.

PUHEENVUOROJA AIHEESTA "GEOHYDRO-
LOGINEN TUTKIMUS"

Esko Seppänen (Turun vesipiiri): On mietitty ja tutkittu, että minkä tyyppisiltä alueilta ja paljonko imeytyy ja muodostuu pohjavettä. Tässä saatiin varsin korkea prosentti harjualueella. Se olisi suorastaan sopiva kenttäkäyttöön jos maaperäkuvaus on olemassa. Tällaiselta alueelta muodostuu pohjavettä näin ja näin monta prosenttia. Sitä on vähän niinkuin arvailtu ja tuommoisiakin arvoja on käytetty. Sitten tietysti toinen on tämä pohjaveden, kuinka paljon saadaan ja voidaan ottaa. Mutta näkisin, että semmoista yleispätevää vastausta ei voitane tähän ehkä antaa. Mm. olen tämän Zaitsoffin alueen kanssa ollut tekemisissä vesihommissa monta kertaa ja aika hupaisia-kin piirteitä siinä on ollut. Se on ollut toistakymmentä vuotta vesihuollollisessa käsittelyssä. On ollut monennäköistä lausuntoa ja tietoa, tästä alueesta on ehdottomasti tarvittu ja jos olisin pikkuista aikaisemmin tämänkin esityksen kuullut, niin olisin ollut paljon viisaampi.

Risto Lemmelä (Vesihallitus): Soverin esittämä verkko tulee jatkossa antamaan lukuja eri maaperäolosuhteissa muodostuneista pohjavesimääristä tarkemmin, kunhan aineiston käsittely pääsee vauhtiin.

Seppo Mustonen (Vesihallitus): Tässä vaiheessa oli hyvä ottaa esille pohjavedeksi joutuvan osuuden suuruus ja vaihtelu. Minkälainen käsitys täällä olevilla tutkijoilla noin yleisesti ottaen on asiasta? Lemmelä on sitä selvitelty ja Juho Hyyppä on esittänyt lukuja pohjoisesta ja tässä on nyt nämä Zaitsoffin luvut ja Jouko Soverilta on tulossa myöskin lukuja. Koskahan me saataisiin sellainen nyrkkisääntö, jonkinlainen yhdistelmä olemassa olevista tiedoista? Tämä olisi aika mielenkiintoinen käytännön kannalta. Sitten toinen asia, jota Jouko Soveri ehkä voisi valaista. Mikä on se nykyinen raportointisysteemi, sanotaan käytännön suunnittelijoita ajatellen, joka palvelisi käytännön miehiä noilta sinun alueiltasi?

Jouko Soveri (Vesihallitus): Toistaiseksi ollaan raportoitu ainoastaan pohjaveden korkeustietoja TVH:n verkoston pohjalta. TVH:han on suorittanut vuodesta 1962 lähtien pohjavedenkorkeuden havainnot ja näitä muutoksia ja vaihteluja on julkaista mm. hydrologisessa tiedotteessa, kuukausitiedotteessa sekä vuosikirjassa. Pohjavesitietojen raportointi on tulevaisuudessa muuttumassa, koska pohjavesiasemien datat rupeavat olemaan käyttökelpoisia myös pitempiaikaisien vertailujen esittämiseen. Uskon, että edelleen kuukausitiedote ja hydrologinen vuosikirja tulevat olemaan ne tärkeimmät informaatiolähteet hydrologian toimiston taholta. ATK-pohjainen tiedosto pohjavesiasioista on kehitteillä vesipiirejä ajatellen. Jokaisen vesipiirin alueella on 4 pohjavesiasemaa, paitsi Lapissa 6 asemaa. Tarkoitus on, että vesipiirejä ruvetaan näillä tiedoilla lähemmin informoimaan, mahdollisesti kuukausiperiodeittain. Muuta ei ole toistaiseksi suunnitteilla.

Risto Lemmelä (Vesihallitus): Kokouksessa saaduista esitelmäreferaateissa on mainittu tästä pohjaveden laatutietojen sekä maankosteusmittaustulosten ATK-käsittelystä ja käsittelysysteemistä. Tavoite on, että vuosien 1975-1981 tulokset kummaltakin osalta tulisivat käsitellyiksi vuoden 1982 aikana eli ensi vuosi olisi varsin ratkaiseva. Tässäkin mielessä ilmeisesti palaute otettavasta käsittelytavasta on arvokas ja mukaanotettava.

Jussi Hooli (Helsingin teknillinen korkeakoulu): Varmasti tulee arvokasta tietoa käytännön olosuhteita varten siitä, miten pohjavesien muodostus tapahtuu. Eräs seikka, joka on aika vaikea ottaa näissä huomioon, on se, että kun Suomenmaakin on aika pienimuotoista ja näihin imeytymisolosuhteisiin maaston topografia vaikuttaa aika oleellisesti, jää suunnittelijan harkittavaksi, kuinka näitä tietoja sitten voi soveltaa ihan noin käytännön olosuhteisiin. Topografia on ratkaistava omana asianaan erikseen.

Tuomo Hatva (Suunnittelukeskus Oy): Olisin käytännön kentältä todennut, että nämä imeytymisprosentit, jotka äsken kuultiin, ovat meidän käytännön kokemustemme mukaan suurin piirtein samaa suuruusluokkaa. Kun me arvioimme jonkun esiintymän antoisuutta, käytämme imeytymisprosenttina keskimäärin 50 %, joissakin erikoistapauksissa 60 %.

Seppo Mustonen (Vesihallitus): Kuka rakentaa mallin siitä, millä tavalla tämä prosentti riippuu maaperästä?

Risto Lemmelä (Vesihallitus): Jos tähän yrittää vastata, niin se on hyvin paljon riippuvainen juuri maaperäoloista, maan laadusta ja lajista ja sitten myöskin hieman asemasta Suomen maassa. Meillä oli yksi koekenttä, joka on toiminnassa vieläkin Tuusulassa noin 30 km Helsingistä pohjoiseen. Siellä tutkittiin vuosien 1969-1974 aikana hiekkaperäisellä alueella pohjaveden muodostumista ja tällä alueella haihdunnan osuus vaihteli 6 mitatun vuoden aikana 25 %:sta 40 %:iin ja kaikki muu läpäisi sitten maanpinnan, mutta sehän ei tietenkään kaikki mennyt pohjaveteen asti. Tämä on varsin lähellä samoja lukuja, joita Hatva äsken esitti. Mutta niin kuin sanottu maalajisuhteet ja Suomen ilmasto-olot mukaan lukien ilmeisesti vasta vuosikymmenen lopulla on saatavissa enemmän ja tarkempia malleja perustuen tähän lysimetri- ja pohjavesihavaintoverkkoon, joka nyt on saatu kutakuinkin kaikilta osiltaan toimivaksi.

Juho Hyyppä (Geologinen tutkimuslaitos): Haluan nyt tässä samalla kertoa, mitä Sodankylässä aikanaan mitattiin 1960-luvun alussa. Siellä päästiin, mikäli minä nyt ihan tarkasti muistan nämä luvut, jotain 45-65 %:iin ja siellä on juuri sama piirre kuin tässäkin tutkimuksessa, että mitä suurempi oli sadanta, niin sitä enemmän meni vettä pohjaveteen. Sodankylän tutkimuksen puutteenä oli se, että silloin ei ollut laitteita, joilla olisi voitu mitata maankosteuden vaihteluita, mutta nehan olivat tässä esitelmässä vain noin 2 % luokkaa. Sitten yksi kysymys, kun tässä oli puhe teoreettisesta ja todella käytännössä mitatuista virtaamista, mikä oli pintavalunnan osuus koko vuoden valunnasta.

Oleg Zaitsoff (Vesihallitus): Ero on 3 % luokkaa siis pintavalunta koko vuoden valunnasta.

Risto Lemmelä (Vesihallitus): Zaitsoffin esityksessä tämä maankosteusluku oli alku- ja lopputilanteen välillä, siinähan kuvien mukaan saattoi maankosteuden maksimin ja minimin välinen vaihteluväli olla n. 100 mm runsaan 4 m:n kerroksessa.

2. POHJAVESI JA GEOLOGINEN KARTOITUS

Puheenjohtaja: fil.lis. Risto Lemmelä

LuK Erkki Herola
Geologinen tutkimuslaitos

HYDROGEOLOGINEN KARTTATULKINTA

(Esitelmä käsittelee soravarakarttojen hydrologista tulkintaa)

Geologinen tutkimuslaitos on yhdessä tie- ja vesirakennushallituksen kanssa arvioinut Suomen sora- ja hiekkavarat seitsemän vuoden pituisessa projektissa, joka päättyi vuonna 1978. Tämän mittavan työn tuloksena on syntynyt kartta-aineisto, joka varsin kattavasti kuvaa sora- ja hiekkavarat peruskarttapohjalla. Näiden lisäksi on laadittu yleissilmäyskartat mittakaavassa 1:200 000 ja 1:1 milj., joka mittakaavansa rajoituksista huolimatta antaa seikkaperäisen kokonaiskuvan glasifluviaalisten muodostumien jakautumisesta eri puolille maata, niiden mittasuhteista ja yhtenäisyydestä tai hajanaisuudesta.

Soravarojen inventoinnissa on mukaan otettavien muodostumien alarajana pidetty sellaisia kahden hehtaarin muodostumia, joissa pohjavedenpinnan yläpuolella on materiaalia vähintään kahden metrin paksuudelta. Inventointi koskee pohjavedenpinnan yläpuolella olevaa muodostuman osaa, mutta muodostumat on karttoille rajattu ympäröiviin maalajeihin.

Näin syntyneellä kartta-aineistolla on suuri merkitys myös hydrogeologiselle tutkimukselle. Tavallisestihan pohjavesitutkimusten valmisteleva työ tehdään peruskarttojen avulla ja mikäli mahdollista ilmakuvia apuna käyttäen. Tällöin tutkimuksen kohteena oleva muodostuma pyritään rajaamaan, mutta tavallisesti raja-vaatii maastotarkistuksia. Soravarakartoilla muodostumien rajaukset ovat valmiina ja pienimmätkin kalliopaljastumat on merkitty, samoin vihjeet siitä, että kallio on haittavan lähellä pintaa. Tässä projektissa muodostumakohtaisille lomakkeille on lisäksi koottu tietoja, joista pohjavesitutkimuksen kannalta tärkeimpiä ovat havainnot raekoostumuksesta, pohjatason laadusta eli siitä, rajoittuuko inventoitu materiaali pohjaveteen vai mahdollisesti kallioon tai moreeniin. Edelleen leikkauksista on tehty havainnot kerrosjärjestyksestä.

Muodostuman pinnalla ja sisällä linsseinä ja välikerroksina esiintyvistä moreeni-, siltti- tai savikerroksista on tehty havaintoja, samoin aineksen lajittuneisuudesta, lietteisyydestä ja humuspitoisuudesta. Kaikki nämä havainnot ovat myös pohjavesitutkimuksen kannalta arvokkaita koska niiden avulla voidaan vähentää virhearviointeja selvitetessä eri muodostumista saatavia pohjavesimääriä.

Suomen kartastoon laadittava hydrogeologiaa käsittelevä osa on ensimmäinen työ, geologisella tutkimuslaitoksella jossa soravarakarttojen hydrogeologista tulkintaa käytetään apuna. Tässä kartastossa esitettävien hydrogeologiaa käsittelevien karttojen mittakaava on 1:3 milj. tai korkeintaan 1: 2,5 milj. Näin pieni mittakaava on hankala kuvattaessa Suomen kaltaisen maan hydrogeologiaa. Tunnetustihan Suomen kallioperässä ei esiinny laajoja hydraulisia kokonaisuuksia. Soravarakarttamateriaalin avulla on kuitenkin mahdollista esittää pienessäkin mittakaavassa yleiskuva glasifluviaalisten muodostumien merkityksestä pohjavesialueina.

Työn ensimmäisenä vaiheena on tulkittu 1:20 000-mittakaavaisia soravarakarttoja ja tämän perusteella laadittu 1:1 milj. mittakaavaista karttaa, jossa glasifluviaaliset muodostumat on luokiteltu sen mukaan kuinka paljon niillä on arvioitu muodostuvan pohjavettä. Koska Suomen kartastoon laadittava kartta on hyvin pienimittakaavainen ja sitä varten joudutaan tekemään yleistyksiä, on 1:1 milj. mittakaavaista karttaa pidettävä tämän työn varsinaisena päämääränä.

Tässä kartassa glasifluviaaliset muodostumat esitetään kolmena eri ryhmänä. Ensimmäiseen ryhmään tulevat ne harjut joilla on arvioitu muodostuvan pohjavettä alle 1 000 m³/d, toiseen ne joilla määrän arvioidaan olevan 1 000-10 000 m³/d ja kolmanteen ryhmään ne, joilla määrä on yli 10 000 m³/d. Näin pelkistettyyn jakoon on päädytty siksi, että tarkoituksena on laatia yleissilmäyskartta, jolla yhtenä kokonaisuutena voidaan kuvata Suomen glasifluviaalisten muodostumien merkitystä pohjavesialueina sekä eri muodostumien välisiä varsin suuria eroja muodostuvan pohjaveden määrässä. Myös alueelliset eroavuudet pohjavesiesiintymien tiheydessä käyvät havainnollisesti esille 1:1 milj. mittakaavassa olevalta kartalta. Toinen syy siihen, ettei yksityiskohtaisempaa karttaa katsottu tarpeelliseksi laatia oli päällekkäisyyden välttäminen vesihallituksen yhdyskuntien vedenhankinnalle tärkeiden pohjavesialueiden kartoituksen kanssa. Lisäksi 1:1 milj. mittakaavainen kartta on osaltaan täydentämässä Geologisen tutkimuslaitoksen miljoonakarttojen sarjaa.

Tällä kartalla kolmeen eri luokkaan muodostuvan pohjavesimäärän perusteella jaetut pohjavesialueet esitetään kolmella värisävyllä, joista vaalein kuvaa pienintä luokkaa ja tummin suurinta. Muodostumat esitetään kutakuinkin saman muotoisina kuin soravarakartalla, mutta ne on hydrogeologisessa tulkinassa jaettu osa-alueiksi silloin, kun karttatulkinnan avulla pohjavedenjakajia on todettavissa. Kartasta pois on rajattu vain pieniä ulokkeita ja haarautumia, jotka selvästi eivät ole pohjaveden virtauksen suhteen yhteydessä kuvattavan muodostuman pääosan kanssa. Mikäli tällaiset haarautumat ovat riittävän suuria, ne kuvataan vaaleammalla värisävyllä omana pohjavesiesiintymänään.

Soravarakarttojen tulkinassa on pyritty paikallistamaan myös pohjaveden purkautumista ja havaituista purkautumista on tehty virtaamamittaukset kertamittauksina, joiden avulla on määritetty virtaaman suuruusluokka. Nämä tulokset esitetään kartalla lähteitä ja lähdelampia kuvaavilla symboleilla, jotka ilmoittavat virtaaman suuruusluokan. Luokat ovat 1 - alle 5, 5 - alle 10, 10 -alle 20, 20 alle 50, 50 - 100 ja yli 100 l/sek. Näistä havainnoista kootaan lisäksi kortistoa, josta on saatavissa yksityiskohtaisempaa tietoa lähteiden virtaamista ja tarkasta sijainnista eri alueilla. Jotta lähdehavaintoverkko olisi mahdollisimman aukoton, on työssä turvauduttu myös vesipiireihin ja saatu niistä lähteitä koskevaa tietoa. Soravarakarttojen tulkinan lisäksi kartalla kuvataan omana erityisalueenaan myös savialueet, koska ne muodostavat monin paikoin hydrogeologisesti ympäristöstään jyrkästi poikkeavan kokonaisuuden.

Fil.maist. Matti Taka
Geologinen tutkimuslaitos

POHJAVESITUTKIMUKSET MAAPERÄKARTTOI- TUKSEN YHTEYDESSÄ

Geologisen tutkimuslaitoksen maaperäosaston tärkeimpiä tehtäviä on maaperäkartoitus, jonka painopisteenä on maanmittaushallituksen peruskartoituksen uudistamisen yhteydessä, Geologisen tutkimuslaitoksen ja maanmittaushallituksen kanssa yhteistyönä tehtävä 1:20 000-mittakaavainen maaperäkartta.

Tämän yhteistyökartoituksen 12 peruskarttalehteä kattavat 1:100 000-mittakaavaisen karttalehden, jolle laaditaan karttalehtiselvitys. Tätä kartoitusta on selvitetty julkaisussa Korpela, K. ja Niemelä, O.: Suomen maaperän peruskartoitus, eripainos aikakauskirjasta Maanmittaus 1-2/1980, joka jaetaan tämän monisteen yhteydessä.

Pohjavesigeologia on maaperän peruskartoituksen oleellinen osa, jossa selvitetään pohjaveden muodostumisolosuhteita, liikkumista, varastoitumista ja saatavuutta erilaisissa geologisissa muodostumissa, niin maaperässä kuin myös kallio-perässä, sekä pohjaveden kemiallista koostumusta ja sen riippuvuutta ympäröivästä geologiasta.

Tutkimuksessa selvitetään

- huomattavat akviferit, lähinnä glasifluvიაალiset muodostumat, niiden hydrogeologinen rakenne ja niistä saatavat pohjavesimäärät
- muut vedenhankinnan mahdollisuudet maaperästä, lähinnä haja-asutuksen tarpeisiin
- kalliopohjavesi, sen esiintyminen ja saatavuus
- lähteet ja niiden virtaamat sekä niihin liittyvää hydrogeologiaa sekä
- tehdään pohjaveden pinnansyvyyshavaintoja pohjaveden virtausolosuhteiden selvittämiseksi sekä käytännön rakentamisen tarpeita varten.

Hydrogeokemiaa selvitetään keräämällä alueen 12 peruskarttalehteä kohti 60-200 vesinäytettä, riippuen alueen tärkeydestä ja mielenkiintoisuudesta. Näytteet otetaan maaperän kairoista, lähteistä ja lähdekaivoista sekä kalliopohjaveden osalta porakaivoista. Näytteet analysoidaan ja käsitellään tietokoneohjelmalla samoin kuin hydrogeokemiallisen kartoituksenkin yhteydessä.

MAAPERÄKARTTOIHIN JA SELITYKSEEN KOOTTAVA AINEISTO

Laadittava maaperäkartta luo pohjan kartoitusalueen pohjavesigeologiselle selvitykselle. Varsinaista kartoitusta, joka kuvaa maaperää metrin syvyydellä pinnasta, tukevat vielä Geologisen tutkimuslaitoksen kairaukset ja seismiset luotaukset, joista osa voidaan valita hydrogeologisin perustein.

Tosin kairauspisteet ja seismiset luotaukset muodostavat niin harvan verkon, että se ei riitä pohjavesialueiden rajaamiseen ja selvittämiseen.

Kartoittajat merkitsevät lähteet, aivan pienimpiä lukuunottamatta, joista myöhemmin mitataan virtaama. Resurssit eivät riitä kuin kertamittaukseen, jolloin on otettava huomioon valitsevat ilmasto-olosuhteet. Mittauksissa pyritään välttämään runsasvetisiä aikoja. Kartoittajat mittaavat myös pohjaveden pinnansyvyyskäyriä kaivoista valitun verkon mukaisesti.

Tärkeää aineistoa pohjavesiolojen selvitykselle ovat konsulttitoimistojen tekemät pohjavesitutkimukset, joita on tehty lähinnä kunnallista pohjavedenottoa varten yleensä asutuskeskusten ympäristön huomattavissa glasifluviaalisissa muodostumissa välitöntä tarvetta varten, että alueellisia selvityksiä tulevaisuuden tarpeiksi. Nämä tutkimukset sisältävät pohjavedenhankinnan kannalta lupaavien alueiden maaperäkartoitusta, kairauksia, pohjaveden pinnankorkeushavaintoja ympäristön kaivoissa, koepumppauksia ja niihin liittyviä pinnankorkeuskäyriä sekä kairauksen perusteella tehtyjä maaperäprofiileja. Tutkimuksiin liittyy myös runsaasti vesianalyyskejä. Tutkimusraporteissa on tiedot käsitelty ja selvitetty akviferien ominaisuudet ja laskettu muodostumista saata- vat vesimäärät. Usein niihin liittyy myös ehdotus suoja-alueiksi.

HYDROGEOLOGIA MAAPERÄKARTOISSA

Seuraavat merkinnät ovat 1:20 000-mittakaavaisissa maaperäkartoissa käytössä:

- lähde, sen numero ja antoisuus m^3/d
- pohjavedenpinta maanpinnasta m, havaintoputkessa tai kaivossa
- pohjaveden suoja-alue (kun vesioikeus on sen vahvistanut)
- pohjavedenottamo, antoisuus m^3/d .

KARTTALEHTISELITYSTEN POHJAVESIGEOLGINEN OSA

Karttalehtiselitystä varten kootaan kaikki edellä esitetty aineisto, joiden pohjalta saadaan monipuolinen kuva alueen pohjavesigeologisista olosuhteista. Selityksessä kuvataan alueen tärkeimmät pohjavesimuodostumat ja niissä vallitsevat olosuhteet sekä yleisemmin pohjaveden saatavuus muista maaperämuodostumista sekä kallioperästä. Myös pohjaveden pinnan syvyyttä selvitetään.

Moreenin pohjavesiolosuhteita on tähän mennessä selvitetty varsin yleisluonteisesti. Kartoituksessa on tarkoitus ryhtyä soveltamaan uutta moreenien fraktioluokitusta, jota P. Lindroos selvittää tässä monisteessa. Moreenien raesuuruuden mukainen jaottelu tulee luomaan pohjaa selviteltäessä moreenia akviferina. Moreenin vedenantoisuuden selvittäminen on tärkeää, sillä haja-asutuksen talouskaivoista suurin osa on moreenissa ja suuremman vedenoton mahdollisuudet moreenimuodostumista ovat vielä paljolti selvittämättä.

Pohjaveden kemiallista koostumusta ja sen riippuvuutta ympäröivästä geologiasta selvitetään vesinäytteistä tehtyjen analyysien pohjalta mm. tietokoneohjelmien avulla. Vesinäytteistä koottavat tiedot käyvät ilmi pohjavesien hydrogeologista kartoitusta käsittelevän esitykseni liitteenä olevasta vesinäytekaavakkeesta.

Fil.tri Pentti Lindroos
Geologinen tutkimuslaitos

M O R E E N I T Y Y P I T - P O H J A V E S I

Suomen geologisen yleiskartan 1:400 000 ja Suomen geologisen kartan 1:100 000 maaperäkartoilla on erotettu väreillä kaksi moreeniluokkaa: 1) pohjamoreeni ja 2) moreenikummut ja selän-teet. Näissä maaperäkartoissa, joista edellinen kattaa Pohjois-Suomen noin Kemin korkeudelle ja jälkimmäinen Etelä-Suomen linjalle Pori-Tampere-Lahti-Lappeenranta, moreenityyppien jaottelu perustuu lähinnä morfologiaan ja kerros-paksuuteen. Luokkaan moreenikummut ja selän-teet on kuvattu synnyltään erityyppiset moreenimuodostumat, joilla on sekä maastossa että karttakuvassa selvästi havaittava muoto ja korkeusero vähintään noin viiden metrin luokkaa. On huomattava, että em. jaottelu ei perustu lainkaan rakeisuusluokitukseen.

Geologisissa maaperäkartoissa 1:400 000 ja 1:100 000 ei mit-takaavasta johtuen ole mahdollista esittää pohjavesitietoja itse karttalehdissä. Sen sijaan karttalehtiselostuksissa on erillinen pohjavettä käsittelevä osa. Maaperäkartoissa ku-vatut ns. suuntautuneet moreenimuodostumat, kuten drumliniit ja De Geer-moreenit eivät ole yleensä pohjaveden hankinnan kannalta kovin suotuisia. Sen sijaan reunamuodostumien yhtey-dessä esiintyvät kumpareiset moreenimuodostumat sekä eril-liset kumpumoreenikentät koostuvat yleensä vaihtelevan koos-tumuksen omaavasta moreenista, joka sisältää usein myös la-jittunutta ainesta.

Uusi maaperäkartta 1:20 000, jonka tuotanto on aloitettu 1970-luvun loppupuolella, erottaa myös kaksi moreeniluokkaa: 1) pohjamoreeni sekä 2) moreenimuodostumat. Tämä jaottelu vastaa edellä kuvattua geologisen maaperäkartan luokitusta. Tämän lisäksi on toteutettu jaottelu aineksen mukaan kahteen luokkaan ja jaottelu koskee sekä pohjamoreenia että moreeni-muodostumia. Raekoostumuksen perusteella on erotettu 1) so-ra- ja hiekkamoreeni sekä 2) ns. hienoaineksinen moreeni, johon luetaan siltti- ja savimoreeni. Kun maaperäkarttaa 1:20 000 painetaan kahdenlaisena versiona, ns. monivärisenä, missä maalajit on kuvattu kirjainsymbolein, on sora- ja hiekkamoreenityypin tunnuksena väri tai kirjaintunnus Mr. Hienoaineksisen moreenin tunnus on sekä värillisessä että yksivärisessä kartassa H, esim. HMr.

Käytetty moreeniluokitus, kuten muukin maalajiluokitus pe-rustuu d₅₀-menetelmään. Rakeisuuden perusteella toteutettu moreenin jaottelu kahteen luokkaan ei ole osoittautunut riit-täväksi. Kun tähän mennessä on kartoitettu pääasiassa Etelä- ja Keski-Suomessa yli 150 peruskarttalehteä, mikä on noin 5 % peruskarttalehtien kokonaismäärästä, ei luokkaa hieno-aineksinen moreeni ole maalajikuvioina tullut esiin. Hieno-aineuksista moreenia on kyllä löytynyt, mutta tavallisesti sitä esiintyy metrin kartoitusyvyvyyden alapuolella tai sit-ten niin pieninä kuvioina, etteivät ne täytä kartoitusohjei-den mukaista 1-2 ha:n minimikuviorajaa.

Useiden kartankäyttäjäpiirien toivomuksena on ollut moreeniluokituksen tarkentaminen. Metsäntutkimuslaitoksen kiinnostus uutta maaperäkarttaa 1:20 000 kohtaan sekä mukaantulo yhteistyötön on johtanut siihen, että maaperäkartoitusta varten päätettiin laatia uusi ja käyttökelpoisempi moreeniluokitus. Sitä varten käynnistivät tämän kirjoittaja ja lis. Pertti Nieminen Tampereen TKK:sta selvittelytyön moreeniluokitusta varten. Selvityksen tavoitteeksi asetettiin moreenin jakaminen kolmeen luokkaan. Soramoreenin erottaminen hiekkamoreenista ei katsottu olevan mikään ongelma, koska se voidaan tehdä sekä seulontatuloksen avulla että maastossa suhteellisen luotettavasti. Sen sijaan kolmannen luokan, työnimenä silttimoreeni, erottaminen todettiin vaikeaksi. Jotta saataisiin selvyttä siitä, mikä on riittävä hienon aineksen määrä, joka aiheuttaa selviä eroja moreenin ominaisuuksiin, valittiin vertailevaan tutkimukseen 100 kpl moreeninäytteitä, joissa alle 0,062 mm olevan aineksen määrä vaihteli 5-50 %. Moreeninäytteistä tutkittiin mm. veden johtavuutta ja adsorptiota, ominaispinta-alaa sekä routimisominaisuuksia.

Selvitystyö on vielä osittain kesken, mutta jo tutkimuksen tässä vaiheessa voidaan sanoa, että hienon aineksen määrä, alle 0,062 mm, joka aiheuttaa moreeniin selvästi poikkeavat ominaisuudet, on 30-40 %:n välillä. Täten kehitteillä oleva uusi moreeniluokitus maaperäkarttaa 1:20 000 varten tulee olemaan karkeimmasta hienompaan: soramoreeni, hiekkamoreeni ja siltti/hietamoreeni. Hienoimman luokan nimi ja jaotteluperuste on vielä hieman auki. Kaksi ensimmäistä luokkaa tullaan erottamaan d₅₀-menetelmällä, mutta kolmannen luokan erottaminen tultaneen tekemään rajalla 0,062 mm 30 ja 40 %:n välillä. Savimoreeni, yli 30 % alle 0,002 mm:n ainesta, tulee Suomen olosuhteissa jäämään vain teoreettiseksi eikä sitä tarvitse huomioida käytännön kartoitustyössä.

Pohjaveden esiintymisen ja hankinnan kannalta on syytä korostaa ns. suuntautumattomien moreenimuodostumien merkitystä. Ne ilmenevät uusissa 1:20 000 maaperäkartoissa vaihtelevan topografian omaavina kumpukenttinä, joissa on vinoviivoitus ja tunnus M. Kumpumoreeniaines sisältää säännöllisesti lajittunutta ainesta linsseinä tai välikerroksina ja usein kumpumoreenikenttien yhteydessä esiintyy lähteitä. Suunniteltaessa vedenhankintaa etenkin soraköyhiltä alueilta kannattaa ensinnä selvittää alueella mahdollisesti esiintyvän kumpumoreenin vedensaantimahdollisuudet.

PUHEENVUOROJA AIHEESTA "POHJAVESI
JA GEOLOGINEN KARTOITUS"

Jussi Hooli (Helsingin teknillinen korkeakoulu): Kun tässä puhuttiin moreenista, niin rohkenen omalta opiskeluaikaltani kertoa, että kun puhe oli ollut moreenista ja Urpu Soveri, joka jo on eläkkeellä, oli hyvin kunnianarvoisa moreenin tutkija aikanaan ja hän kertoi luennolla moreeniin liittyvänä tällaisen asian, että hän alkoi eri insinööritoimistoista ja eri insinööreiltä kysellä eräitä moreeniin liittyviä kysymyksiä ja selitti sitten tämän asian ja että tähän asiaan pitäisi saada mielipide ja vastaukseksi hän sai, että on niin kova kiire, että ei nyt ehdi tähän asiaan puttumaan ja sanomaan mitään. Meni puoli tusinaa kaveria läpi ja puhelimesta 7. kaveri kuunteli tämän kysymyksen ja sanoi, että sano ensin mikä se moreeni on. Eli ehkä tässä, kun 20 vuotta on menty eteenpäin, niin sama kysymys on vielä olemassa. Me ei ehkä tunnetta, mistä oikein on kysymys. Täällä mainittiin, että savi-moreenia ei löydy. Kun tehtiin alkuperäistä luokitusta, tuli geoluokitus ja geotekninen luokitus ja Jouko Soveri viittasi tähän pohjavesisanastoon, jossa on maatalouden eksperttejä mukana tekemässä, niin siinä kävi tavallisten maalajien osalta se ilmi, että kun siirryttiin siihen, että hiesu poistettiin ja tuli tilalle siltti, niin maatalousmiehet totesivat, että tältä osin luokitus on liian karkea. En tiedä, onko nyt vielä tullut samanlaisia ongelmia eteen moreenin osalta. Tietysti tuosta nimikysymyksestä tulee mieleen, että nyt kun on menty silttiin ja hieta on poistettu, niin onko siinä se, että nimi pitäisi olla jotenkin silttiin viittaava.

Maaperäkartoituksessa on ollut ymmärtääkseni se ongelma, että ennen kuin tämä laitosten välinen yhteistyö lähti käyntiin todettiin, että se meni kovin hitaasti eteenpäin. Meillähän oli ns. agrogeologiset kartat ja geologiset kartat. Ilmeisesti tähän asiaan on vauhtia saatu, kuitenkin se näytti kovin puutteelliselta. Milloin koko valtakunnasta olisi saatavissa maaperäkartat?

Pentti Lindroos (Geologinen tutkimuslaitos): Suunnitelman mukaan v. 2006. Tällöin koko Suomi olisi maaperäkartoitettu. Etelä-Suomesta olisi 1 : 20 000 ja Pohjois-Suomesta olisi 1 : 50 000 kartat. Se, että nyt esitetyt kartat olivat niin vaatimattoman näköisiä johtuu siitä, että tämä työ on varsin nuorta ja se on vasta käynnistynyt 1970-luvun puolivälissä ja vieläkään ei ole päästy täyteen vauhtiin siinä mielessä, että kaikkia niitä resursseja, jotka tähän ovat tulossa, ei ole vielä edes koulutettu. Tällä hetkellä tässä työssä on mukana n. 40 kartoittajaa ja vuotuinen kartoitusvauhti on 40-50 karttaa vuodessa, mutta vauhti tulee kasvamaan lähivuosina 70-100 karttalchden paikkeille vuodessa ja tällä vauhdilla pitäisi kartoituksen valmistua vuoteen 2006 mennessä.

Esko Seppänen (Turun vesipiiri): Vielä tähän aineistokysymyksen. Kun otettiin pohjavesikaivoista näytteitä, niin ensinnäkin kuinka monta näytettä otetaan 1 : 100 000 lehdeltä? Olisiko

mitään mahdollisuutta saada vesipiireihin ennen vuotta 2006 tietoja näistä tutkimuksista? Ne olisivat aika kiintoisia ja tärkeitä, kun ilmeisesti koko valtakunnasta on jo nämä vesinäytteet otettu.

Matti Taka (Geologinen tutkimuslaitos): Näytemäärä karttalehdellä vaihtelee ja tämä määrä kahtatoista 1 : 20 000 mittakaavaista karttalehteä kohti on esim. 60-100 kpl ja osittain näiden ääriarvojenkin ohitse. Ja määrä 1 : 100 000 karttalehdellä ei välttämättä jakaudu tasaisesti, vaan mielenkiintoisia ja tärkeitä alueita korostetaan, joten sanotaan, että se olisi esim. 4-20 kpl yhtä karttalehteä kohti. Yksityiskohtaisia tietoja on vesipiireille meiltä saatavissa; kun soittaa puhelimella ja pyytää, niin yritetään auttaa.

Esko Seppänen (Turun vesipiiri): Missä vaiheessa tämä kartoitus on valtakunnallisesti?

Matti Taka (Geologinen tutkimuslaitos): Tämä kartoitus, josta äsken esitelmässäni kerroin, liittyy tähän uuteen maaperäkartoitukseen, joka valmistuu vuoteen 2006 mennessä. Näitä kartoituksia on tehty vasta vähän.

Seppo Mustonen (Vesihallitus): Kysyisin tästä keskeneräisten karttalehtien saatavuudesta. Nythän maanmittaushallitus on yhteistyössä mm. vesihallituksen kanssa ja kysymyksessä ovat lähinnä nämä vesistöjen syvyyskartat. Keskeneräisten, painamattomien lehtien saanti on järjestetty tietyllä selvällä systeemillä, josta vesipiirit ovat tietoisia ja ovat siitä jo osallisia ja vastaavasti muitakin järjestelyjä on olemassa. Nyt haluaisimme tietää, varsinkin vesipiirien väki on kiinnostunut tietämään, mikä on näiden valmisteilla olevien maaperäkartojen saanti. Mistä näitä mahdollisia valokopioita saa?

Pentti Lindroos (Geologinen tutkimuslaitos): 1 : 20 000 maaperäkarttaa valmistuu peruskartan uudistamisen ja täydentämisen yhteydessä ja siinä maastotyöt tehdään 1 : 10 000 mittakaavassa ja lopullinen kartta painetaan peruskartan painamisen yhteydessä 1 : 20 000 mittakaavassa. Jos käyttäjä haluaa sekä uuden pohjan ja maaperäkartan, on odotettava siihen asti, kun kartta on puhtaaksi piirretty, ja tämä vie yleensä 1-2 vuotta siitä kun tämä työ on ollut käynnissä. Mutta on mahdollista tästä kenttäversiosta ns. maaperäelementistä saada kuultokopio aikaisemminkin ja silloin siinä ei ole ajan tasalla olevaa pohjakarttaa, mutta siinä on tätä maaperätietoutta. Yleensä, kun karttalehti otetaan työn alle, valmiiksi painettuna kartta on siitä noin 3 vuoden päästä.

Seppo Mustonen (Vesihallitus): Meillä ei ole tietenkään aikaa odottaa näin kauan. Kun jollakin alueella toimitaan, niin heti kun tämä kartoitus on tapahtunut, siitä olisi hyvä saada perustietoa, vaikka kenttämiestenkin jäljiltä. Olisi syytä miettiä, voitaisiinko tuota 3 vuoden viivettä kuroa lyhemmäksi. Me emme missään tapauksessa tarvitse peruskarttatietoja, me haluamme vain maaperätiedot.

Raimo Uusinoka (Tampereen teknillinen korkeakoulu): Meillä on tehty näitä moreenin routivuustutkimuksia. Näytteitä on otettu eri puolilta Suomea, niin pohjoisesta kuin etelästäkin, niin pohjamoreenista kuin pintamoreenistakin. Tässä huomattiin, että hienoaineksen määrä ei välttämättä korreloi roudan suoritamaan nostoon. Siinä tärkeänä tekijänä ei ole niinkään hienoaineksen määrä kuin sen laatu.

Risto Reijonen (Veli Reijonen Oy): Nämä mielenkiintoiset asiat (vesi moreenissa) jäivät meidän toiminnan ulkopuolelle. Kaivonrakentajana voisin sanoa sillä tavalla, että moreenissa ei liiku vettä siinä määrin, että se nykyisellä kaivotekniikalla olisi hyödynnettävissä kätevästi yhdyskunnan hyväksi.

Jussi Hooli (Helsingin teknillinen korkeakoulu): Koska moreeneja on monenlaisia, niin liikkuisiko karkearakeisessa moreenissa kuitenkin vettä.

Risto Reijonen (Veli Reijonen Oy): Kyllähän se tietysti on hyödynnettävissä, jos vesi kulkee siinä, mutta kun yhdyskunnalle hankitaan vettä, on niin suuret vesimäärät yleensä kysymyksessä, että se tulee verraten kalliiksi moreenista tämän hetkellä kaivotekniikalla.

Risto Lemmelä (Vesihallitus): Lindroos tarkoittikin varmaan puheenvuorossaan haja-asutusalueen vesihuollon järjestämistä ottamalla vettä moreeniesiintymistä.

Seppo Mustonen (Vesihallitus): On ehkä syytä ottaa huomioon, että me alkupuheenvuoroissa puhuimme kansainvälisestä vesihuollon vuosikymmenestä ja siitä 2 miljoonasta kansalaisesta, jotka jäävät tällaisten yhteisten vesihuoltojärjestelyiden ulkopuolelle. Näin ollen tällaiset maaperäkartoitusasiat ja uudet moreeniluokitukset tuntuvat kyllä erittäin ajankohtaisilta. Meidän vesihuoltoihmisillä tähän on varmaan yhtä ja toista sanottavaa. Olisin tässä yhteydessä kysynyt, että kun siellä Tampereen teknillisessä korkeakoulussa selvitetään esim. tätä routimiskysymystä ja moreeniluokitusta yhdessä, että onko missään käynnissä sellaista selvitystä, jossa puhuttaisiin moreeniluokituksesta esim. maaperän veden imeytyskyvyn taikka suotautumisen ominaisuuksien suhteen. Meille vesihallinnossa nämä asiat saattaisivat olla hyvinkin tärkeitä. Jos nyt mennään aamupäivän esitelmiin, joissa puhuttiin imeytymisprosentteista ja pohjavedeksi joutuvan sademäärän prosentiosuuksista puhutaan peukalomalleista, mitä joskus maailmassa saadaan aikaan, niin olisi niitä varten hyvä saada tähän moreeniluokitukseen mukaan vedenjohtokykyä kuvaava kriteeri. Toinen puoli olisi tämä meidän yleinen hydrologinen tietämyksemme, hydrologisella puolella kehiteltävät mallit. Meillä on kehitteillä kaikenlaisia pikku malleja. Ehkä niistä tulee joskus todellisia konseptuaalisia malleja, jolloin näihin erinäisiin hydrologista kiertoa kuvaaviin malleihin saadaan maaperätekijä mukaan. Ja täällä jo todettiin, että moreenit ovat hyvin huomattava ryhmä tässä asiassa. Itse, kun aikamani jouduin näiden seulontakäyrien kanssa tekemisiin ja jouduin tekemään erilaisia olettamuksia siitä, että millä tavalla nämä d_{50} taikka d_{10} vaikuttavat veden liikkumisiin maaperässä. Olisi hyvä asia, että myös nämä

hydrauliset ominaisuudet saataisiin jollakin tavalla mukana tähän moreeniluokitukseen. Meistä tämä on erittäin hyvä asia ja on näköjään tulossa paljon sellaista, mikä tulee auttamaan hydrologista tutkimusta yleiseltä kannalta.

Juho Hyyppä (Geologinen tutkimuslaitos): Kun tässä tätä moreeniluokitusta on kovasti tutkittu ja pohdittu ja ratkaistut ovat kohta edessä, niin nyt olisi tietysti hyvin hyödyllistä jos vesihallituksen taholta esitettäisiin käsityksiä tästä moreeniluokituksesta. Keskustelun lähtökohdaksi voidaan mainita vanha tutkimus 1960-luvulta, Risto Vanhalan tutkimus, jossa päädyttiin siihen, että kun alle 0,06 mm:n rajan alapuolella on yli 20 % ainesta, niin moreenilla ei enää ole mitään merkitystä pohjaveden hankinnassa. Ja kun tästä hienoaineksen osuus vähenee, voidaan saada moreenikerrostumasta kymmeniä ja joskus jopa satoja kuutiometrejä/vrk vettä.

Paavo Päättalo (Kokkolan vesipiiri): Risto Reijonen ei varmaan tarakoittanut, että moreenimäkeen ei kaivoa voida tehdä, vaan ehkä tärkein ja oleellisin ongelma, kun puhutaan yhdyskuntien vedenhankinnasta ja moreenimäistä, on tämä suotautuminen, mutta sitäkin tärkeämpi on, että nämä moreenimäet eivät yleensä pysty varastoimaan vettä. Sieltä puuttuu varastotilaa, joka tulee esille, kun on pidempiä kuiva-kausia. Kyllä pienyhtymien talokohtaisessa vedenhankinnassa moreenimäet ovat varmasti tärkeitä tulevaisuudessa ja tälläkin hetkellä, mutta kun mennään vähänkään isompiin yksiköihin, niin silloin tulee aina ongelmaksi nämä kuiva-kaudet. Ja näistä on ainakin Pohjanmaalla hyvin paljon esimerkkejä, että kuivakauden aikana pienet yhtymät soittavat vesipiiriin ja ovat hädissään, kun vettä ei riitä. Kysymys on nimenomaan tämän varastotilavuuden puuttumisesta. Keväällä, kun pohjavettä muodostuu paljon, sitä myös monesti paljon purkautuu.

Esko Mälkki (Vesihallitus): Edellä tuli esille jo monia asioita, jotka ovat vaikuttavia. Paavo Päättalon viimeksi mainitsema, tämä veden varastoituminen on kai siinä mielessä keskeinen, että ilman vesivarastoa ei voida läpi vuoden vetä hankkia ja tämä käytännössä merkitsee sitä, että moreeniesiintymät jäävät noin yleisesti ottaen pienten kuluttajajoukkojen käyttöön. Ne ovat lähinnä juuri haja-asutuksen tukena ja erittäin tärkeä potentiaalinen vesilähde.

Olemme iloisia siitä, että saimme tämän esityksen moreeneista tänne, koska juuri tämä on käsityksemme mukaan eräs tärkeä kehittämisen kenttä. Se, mitä toivoisimme olisi, että nykytiedon lisäksi tieto lähtisi vielä kehittymään eteenpäin, minkälaisia alueellisia piirteitä voidaan moreeneista löytää. On varmaa, että huomattava osa moreenien hyödyntämistutkimuksista tulee olemaan teknisiä, se on veden etsintää silloin, kun ei mitään selviä merkkejä ole voitu veden esiintymisestä löytää. Tämä etsiminen suuresta moreeniesiintymien joukosta on tavattoman kallista työtä ja olisi hyvä tietää todennäköisyyksiä, millä alueella on onnistumisen mahdollisuutta. Voidaanko yleensä alueita

tässä mielessä luokitella? Tähän liittyy osana se, että pyritään määrittelemään joku tietty vedenläpäisevyyden alaraja tai raja minkä yläpuolella olevat alueet katsotaan paremmiksi ja toiset huonommiksi. Kuten kaikki käytännön tutkijat tietävät, niin näissä moreenimuodostumissa kuitenkin on juuri siellä syvemmällä niin paljon oikkuja, joita ei voi pinnalta käsin havaita; kaikkea tätäkään luokitustyötä ei voida toki vaatia. Mutta aivan yleispitävä luokittelu, missä esim. esiintyy hiekkamoreenin luokkaa olevia alueita alueellisesti, tuottaisi käytännön tutkijalle hyviä lähtökohtia ja toiveita, että näiltä alueilta vettä olisi löydettävissä ja hyödynnettävissä.

Erkki Loukola (Vesihallitus): Olemme maapatotekniikan yhteydessä olleet moreenien kanssa tekemisissä. Kun hietamoreeni jäi pois eli entinen hieta- ja hiekkamoreeni on nyt samassa luokassa, niin sullontaan käyvä moreeni tuli nyt yhteen ryhmään, mutta toisaalta siinä ryhmässä on nyt kaikki käyttökelpoinen moreeni, joten jonkinlaista ryhmittelyä tähän moreeniryhmään olisi hyvä saada. Uudessa GEO-luokituksessa mentiin tähän 60 mm pienempään raekokoon ja toisaalta moreeneissa on mentä muodostumapohjaiseen määrittelyyn. Tämä tuottaa vaikeuksia, kun ATK:lla käsitellään näitä rakeisuuskäyriä ja haluttaisiin tietokonepohjaisesti luokitella moreenit erilleen muista maalajeista. Meillä on maalaboratorion aineisto noin 10 vuoden ajalta reikäkorteilla ja me voisimme siitä saada joitakin näistä moreeneista, ainakin se, minkä tyyppisiä moreeneja näissä patoprojekteissa on tullut esille. Tamperella tehdyt moreenien routivuustutkimukset ovat hyvin mielenkiintoisia. Vastaavia tutkimuksia muista ominaisuuksista olisi hyvä saada tähän mukaan ja jos olisi mahdollista päästä ihan eksaktiin luokitukseen, jota voisi sitten tietokoneella käsitellä, olisi hyvä asia.

Heikki Tanskanen (Geologinen tutkimuslaitos): Toisin hieman esille GTL:n geokemian osaston toimintaa. Me työskentelemme läheisesti moreenien kanssa. Vuosittain keräämme noin 50 000 moreeninäytettä systemaattisesti siten, että 1 : 100 000 karttalehdeltä (30 km x 40 km) otetaan moreeninäytteitä noin 10 000 kpl. Meidän tutkimuksemme tähtää ensisijaisesti moreenien hivenainekoostumuksen määrittämiseen ja sitä kautta kallioperän kemialliseen koostumukseen. Tämän työn yhteydessä joka 8. näytteenottopiste tutkitaan siten, että otetaan näyte metrin välein niin syvälle kuin normaalein moottorikäyttöisin kairoin on mahdollista mennä ja havainnoidaan koko vastaantuleva stratigrafia ja lajittuneet moreenit. Moreenit mm. luokitellaan vähintään kahteen luokkaan: karkeisiin moreeneihin ja savespitoisemmat ja hienoainepitoisemmat moreenit silttimoreeneiksi. Luokitus on varsin korkea. Mutta kun me saamme tämän tiedoston hoidettua niin, että pääsemme julkaisemaan tämän sekundääritiedoston aineiston, uskoisin että tämä tiedosto voitaisiin antaa karttaprofiileina ja nämä saattaisivat antaa paljon tietoa sekä pohjavesi- että maaperätutkijoille.

Raimo Kujansuu (Geologinen tutkimuslaitos): Meillä on omana työnä ennen tätä maanmittaushallituksen kanssa suoritettua yhteistyötä tehty geologista kartoitusta mittakaavassa 1 : 100 000 niin, että sitä on eteläisin Suomi valmiina linjalle Pori-Imatra asti. Tältä alueelta on olemassa maaperägeologiset kartat 1 : 100 000 ja käsinpiirrettyt kenttäkartat 1 : 20 000. Kaikki tämä aineisto on olemassa jo tarvitsijoiden käytettävissä. Lisäksi on olemassa sorakartta-aineisto, josta Erkki Herola jo kertoi. Siinä on peruskartalle käsin piirretty ja väritetty sora- ja hiekkaesiintymät ja samalla nämä pääasiassa pohjavettä muodostavat kerrostumat. Kaukokartoituksesta sanoisin, että sate-liittiaineistosta ei saa sen parempaa kuvaa soraesiintymistä kuin mitä on esitetty näillä meidän 1:20 000 sorakartoilla.

Tuomo Hatva (Suunnittelukeskus Oy): Käytännön tutkimuksessa ja suunnittelussa me tarvitsemme nimenomaan perustietoa. Geologiselta tutkimuslaitokselta tarvittaisiin maaperäkartoja sekä pohjavesitekniikassa että ympäristösuunnitteluun liittyvissä tehtävissä sekä rakentamiseen liittyvissä suunnittelutehtävissä. Vesihallitukselta toivottaisiin tietoja vesipintahavainnoista. Vesihallituksella on laaja havaintoverkosto Suomessa, mutta kuten olemme kuulleet nämä eivät vielä ole käytettävissä sellaisenaan.

Risto Salomaa (HY/Geologian laitos): Meillä ei varsinaisesti suoriteta pohjavesitutkimusta, meillä tehdään pohjavedestä opinnäytteitä, joissa ongelmana on muodostumien morfofologia. Pohjavesiaineisto näihin töihin saadaan yleensä vesihallitukselta, vesipiireiltä, geologiselta tutkimuslaitokselta ja insinööritoimistoista.

Matti Kaarne (Maa ja Vesi Oy): Pitkään pohjavesitutkimuksia suorittaneena ja seuranneena voin lausua iloni siitä, että tutkimuksia tehdään tällä hetkellä paljon. Olisipa niitä ollut 1950-luvulla samassa määrin, niin monet asiat olisivat tällä hetkellä toisin. Mutta siitä huolimatta täällä istuessani ja kuunnellessani jäi pieni paha maku suuhun siitä, että näiden tietojen hyödyntäminen käytännön elämää palvelevaksi ei ole tällä hetkellä selvä ja siinä viittaisinkin prof. Mustosen vetoomukseen, että joku elin ryhtyisi näiden perusteella tekemään malleja. Sellaisia malleja, jotka olisivat käytettävissä, eikä tarvitsisi oppimisen ja erehtymisen kautta toimia.

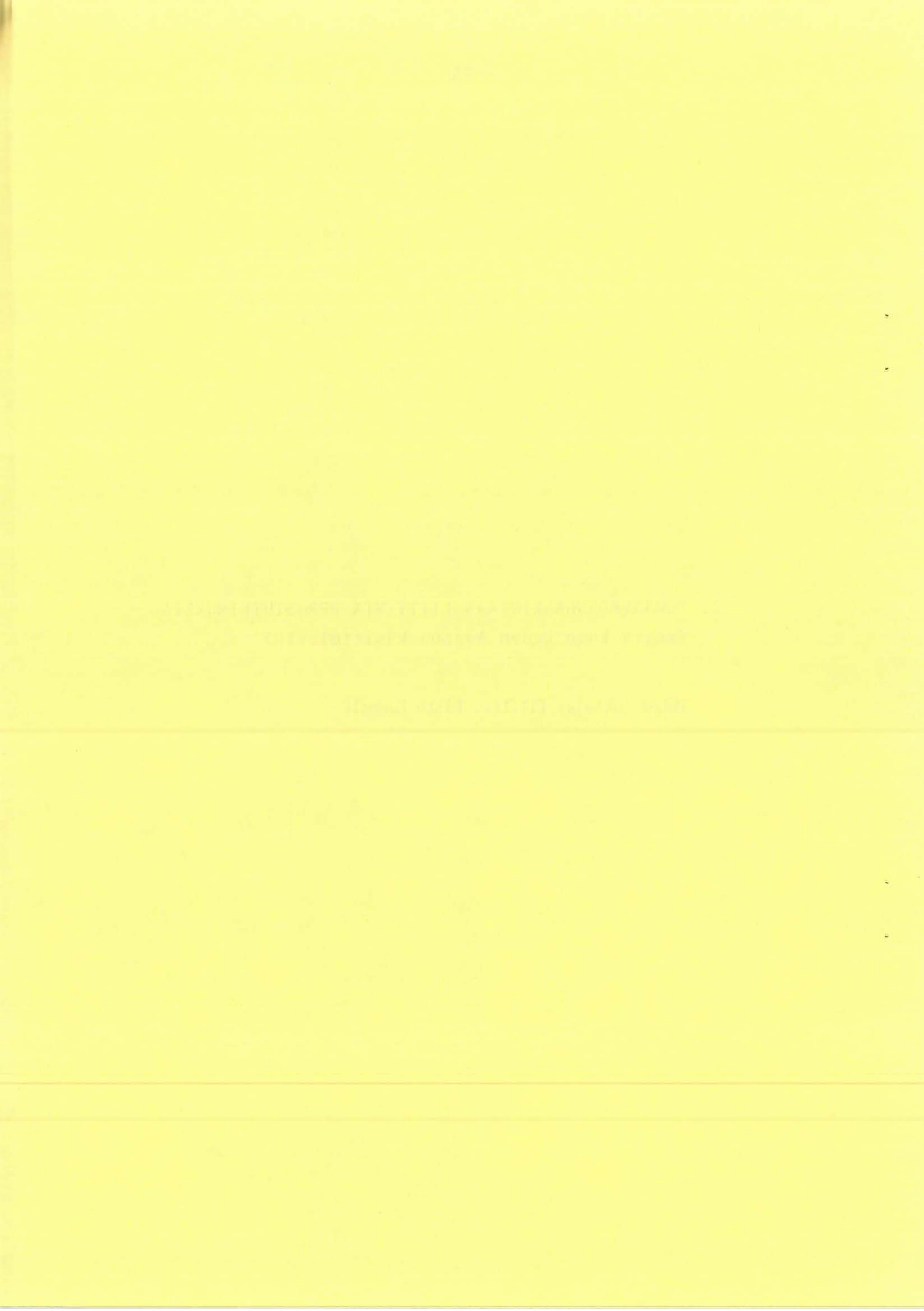
Myös toiseen seikkaan kiinnittäisin huomion. Tällä hetkellä näissä tutkimuksissa on paljon päällekkäisyyttä. Si-vullisesta näyttää siltä, että näihin tutkimuksiin käytetyt varat olisi voitu hyödyntää vähän paremmin koodri-noimalla niitä, kuka mitäkin tekee ja pysymällä näissä aituksissa.

Matti Takan pyyntöön palautuksesta juolahti mieleeni, että kun näitä uusia maaperäkartoja ja niiden selityslehtiä tehdään, niin esim. virtaamamittausten suhteen aina kun

joku lukuarvo esitetään, tuotaisiin esille olosuhteet, joissa ne on saatu. Tiedän eräitä tällaisia tutkimuksia, joita on tehty, ja sen perusteella kartoitettu pohjavesiesiintymät ja tutkimus on tehty toukokuussa, niitä lähteitä, jotka silloin on todettu ei kesäaikaan enää löydy. Jos seurataan meidän lähdepurkauksien virtaamakäyriä todetaan, että niissä on melkoisia olosuhde-eroavaisuuksia.

3. POHJAVEDENHANKINTAAN LIITTYVIA PERUSTUTKIMUKSIA
(muuta kuin veden laatua käsitteleviä)

Puheenjohtaja: fil.lis. Risto Lemmelä



Fil.maist. Pekka Patrikainen
 Geologinen tutkimuslaitos/
 Ydinjätteiden sijoitustutkimusten projektiryhmä

KALLIOVESIHAVAINNOT YDINJÄTETUTKI- MUKSISSA

YLEISTÄ

Geologisen tutkimuslaitoksen ydinjätteiden sijoitustutkimusten projektiryhmän, ydinjäteprojektin vuosille 1979-1983 laaditun tutkimusohjelman osatehtävänä on selvittää geologiset perusteet kallioperän pohjavesioloista ja ilmiöistä ydinjätteiden varastoinnin kannalta. Tutkimus liittyy ydinjäteprojektin tutkimusohjelmaan "kalliopohjaveden virtaus". Yhdeksi osatehtäväksi todettiin keväällä 1979 säännöllisten ja jatkuvien kalliopohjavesihavaintojen hankkimisen tarpeellisuus.

Koska Suomessa tällaista kalliopohjaveden järjestelmällistä alueellista havainnointia ei oltu tehty aikaisemmin, katsottiin ydinjäteprojektin tavoitteiden kannalta välttämättömäksi aloittaa säännöllinen, ajallisten vaihteluiden havainnointi ainakin Etelä- ja Lounais-Suomessa löytyvistä, käytöstä poistetuista porakaivoista.

HAVAINNOKOhteiden inventointi, valinta ja havainnointi

Ydinjäteprojektin tavoitteiden saavuttamiseksi oli aluksi tärkeätä löytää tarkoitukseen sopivia kallioreikiä erilaisilta kivilajialueilta ja erityisesti laajempien kivilajikokonaisuuksien alueilta sekä mahdollisuuksien mukaan erilaisista topografisista olosuhteista.

Tavoitteena oli lisäksi löytää kohteita Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosalueiden ympäristöstä, jotta voimalaitosalueilla tehtäville kalliopohjaveteen kohdistuville tutkimuksille olisi tarvittaessa saatavissa vertailuaineistoa.

Inventointityö osoitti, että käytöstä poistetut kalliokaivot näyttivät tarjoavan sopivan lähtökohdan havaintojen aloittamiselle. Tällaisia kaivoja löytyi tyydyttävästi suunnitelluilta alueilta ja kaivot olivat joko sellaisinaan valmiit mittausten aloittamiseen tai saatettavissa sopivaan kuntoon yksinkertaisin korjaus- ja kunnostustoimenpitein.

Kalliokaivojen inventoinnissa hankittiin paikan päällä tietoja kaivojen ominaisuuksista ja olosuhteista. Saadut tiedot koottiin liitteessä 1 esitetylle kaavakkeelle.

Kalliokaivojen lisäksi inventoitiin neljä Imatran Voima Oy:n kairaamaa avointa kalliitutkimusreikää Inkoon kunnan Kopparnäsistä sekä kaksi reikää Korpilahden kunnan Korospohjasta. Ydinjäteprojektin toimesta kairattiin Kopparnäsin alueelle kaksi kallioreikää kalliopohjaveden virtaustutkimuksia varten.

Kaiken kaikkiaan inventoitiin yhteensä 83 kalliokaivoa, joista 45 on sellaisenaan valmiita havaintojen tekemiseen.

Käytettävissä olevien resurssien puitteissa on vedenkorkeushavainnot pyritty tekemään kerran kuukaudessa 18:sta havaintokohteesta ja 2 kertaa kuukaudessa 8:sta havaintokohteesta. Kopparnäsin kallioreikiä (6 kpl) on kohteen läheisyyden ja alueen kalliopohjavesitutkimusten referenssiluonteen vuoksi voitu havaita joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta kerran viikossa.

Havainnoinnin tavoitteena on ollut mm. selvittää kuinka kallioperässä oleva pohjavesi osallistuu vuotuiseen hydrologiseen kiertoon ja kuinka erilaiset geologiset, hydrogeologiset ja topografiset sekä ilmastolliset olosuhteet tähän vaikuttavat.

HAVAINTOTULOKSIEN TARKASTELUA

Tähänastiset havaintotulokset ovat osoittaneet, että eri havaintokohteiden ympäristön kallioperässä oleva pohjavesi osallistuu vuotuiseen veden yleiseen kiertoon.

Saatujen tulosten perusteella on eräässä osaraportissa myös tarkasteltu havaittujen vaihteluiden, kallioperän rakennemuinaisuuksien sekä hydrogeologisten olosuhteiden välisiä korrelaatioita ja keskinäisiä riippuvuussuhteita.

Kalliopohjaveden pinnan vaihtelut ovat olleet joitakin poikkeuksia lukuunottamatta varsin samansuuruiset eri kohteissa. Suurimmat poikkeamat havaituissa vaihteluissa ovat olleet 8 m ja pienimmät 0,5 m keskiarvon ollessa ilman em. maksimi- ja minimiarvoja 1,7 m (1979-80).

Havaintojen perusteella voidaan päätellä, että kalliopohjavesi kysymyksessä olevien havaintoreikien ympäristön kallioperässä ja havaintoreikien syvyydellä vaihtelee yleispiirteisesti samalla tavalla vuotuista veden kiertokulkua noudattaen. Kalliopohjaveden muodostuminen näyttää havaintojen mukaan olevan runsainta kevätsulamisen aikana huhti-toukuussa sekä syyssateiden aikana syys-marraskuussa. Alivirtaamat ovat tammi-maalis ja kesä-heinäkuussa.

Kaikki havaintoreiät ovat yleisesti kallioperän pintaosiksi luettavalla syvyydellä.

Niissä havaintokohteissa, joissa havaintoja on voitu tehdä viikottain usean kuukauden ajan, nähdään sadannan (myös meren pinnan vaihtelun) vaikuttavan lähes välittömästi pohjaveden korkeuteen. Sadannan vaikutuksesta vedenpinta nousee ja laskee taas sateiden päätyttyä. Sadannan välitön vaikutus viittaa pintakallion rakoiluun ja rakojen hyvään vedenläpäisevyyteen, mutta myös rakojen muodostaman pohjaveden virtaus- ja varastointilan, akviferin, pienuuteen.

Kaksi vuotta kestäneet havainnot osoittavat, että pohjavesi kallioperän pintaosissa ottaa aktiivisesti osaa veden yleiseen kiertoon. Tätä tulosta on ydinjäteprojektin tavoitteiden kannalta pidettävä riittävänä osoituksena kallioperän pintaosien vedenläpäisevyydestä ja ydinjätteiden pitkäaikaisen varastoinnin kannalta epäedullisista olosuhteista.

Ydinjäteprojektin kalliopohjavesihavaintojen jatkotutkimusten keskeisiä tehtäviä olisi selvittää, kuinka syvälle havaittu aktiivinen vedenkierto kallioperän erilaisissa osissa, mm. ruhjeissa, ulottuu. Tutkimusten yhdeksi lähtökohdaksi muodostuu, millä tavalla tämänkaltaista passiiviseksi katsottavaa tutkimusmuotoa voitaisiin kehittää niin, että sen avulla olisi mahdollista tehdä havaintoja kallioperän pintaosaa syvemmällä olevan pohjaveden liikkeistä.

Taulukko 1. Kalliopohjaveden havaintokohteet, joista on tehty säännölliset vedenkorkeushavainnot vv. 1979-1980. KU = Uudenmaan lääni, KT = Turun ja Porin lääni, KKe = Keski-Suomen lääni, KKy = Kymen lääni, SK = kairausreikä.

Hav. kohde n:o	Kunta	Reiän Ø mm	Reiän syv. m	Likim. vedenpinnan etäisyys mp:sta m	Vedenpinnan vaihtelu m	Kivilaji	Huomautuksia
KT 1	Piikkiö	150	67	4,5	7,80	Graniitti	
KT 2	Turku	160?	120	6,0	1,20	Graniitti	
KT 3	Kaarina	110	96	3,0	1,50	Kiillegneissi - Amf. gn.	
KT 4	Rusko	160	102	3,5	0,80	Kiillegneissi Kl-liuske	
KT 5	Naantali		190	6,5	3,50	Kvartsi- Granodior.	
KU 1	Inkoo	130	80	0,5	1,10	Kv-ms- gneissi	GTL:n ydinjäteproj. kairauttava reikä
KU 2	"	130	80	0,5	2,60	"	"
SK 5	"	46,5	21	7,0	7,0	Kv-ms- gneissi	Imatran Voima Oy:n kalliotutk.reikä
SK 6	"	"	17	6,0	2,50	"	"
SK 7	"	"	15	4,0	2,60	"	"
SK 8	"	"	19	3,0	2,0	"	"
KU 3	Hanko	110	55	9,0	0,70	Gabro- dioriitti	
KU 5	Loviisa	160	55	7,5	0,30	Viborgiitti	
KU 6	"	140	50	10,0	1,50	"	
KU 7	Ruotsinpyhtää	-	64	3,5	0,50	Porf.apliitti	
KU 8	"	-	-	1,0	1,30	"	
KU 9	"	-	-	4,0	0,70	"	
KU 10	Artjärvi	120	55	2,0	1,10	Tasarak. rapakivi	
KU 11	Liljendal	-	157	6,0	0,90	Viborgiitti- pyterliitti	
KKy 1	Elimäki	-	145	2,0	1,10	Pyterliitti	
KKy 2	Anjalankoski	120	115	12,0	0,40	"	
KKe 1	Luhanka	100	115	7,0	0,70	Migmatiitti	

KALLIOPOHJAVESIKORTTI

Peruskartta (1:20 000) ☐
 Topografikartta (1:100 000) ☐ No.....

Koordinaatit: X..... Y..... Z.....
 Käännä ☐

No..... Pv..... Hav.....

Kaivon omistaja.....
 Omistajan osoite..... Puh.....
 Tilan nimi.....:..... RNo.....
 Kunta..... Kylä.....

Kalliokaivo ☐ Porareikä ☐
 Reikä käytössä ☐ Ei käytössä ☐

Reiän ympäristössä veden ottoa kallioperästä
 alle 150 m etäisyydellä ☐ yli 150 m etäisyydellä ☐

Reikä siten avoin, että sinne voidaan laskea mittalaitteita
 tai reiässä olevat esteet (pumput, putket yms.) voidaan hel-
 posti poistaa On ☐ Ei ☐ (Huom.)

Reikään ei pääse pintavettä tai sen pääsy on hyvin vähäistä ☐
 Pääsee pintavettä ☐ Voidaan helposti estää ☐ (Huom.; toi-
 menpide)

Reiän syvyys yli 40 m ☐ alle 40 m ☐

Reiän omistaja sallii jatkuvat mittaukset Kyllä ☐ Ei ☐

Reiän päällä olevat katteet tms. mahdollistavat mittaukset
 myös talvella Kyllä ☐ Ei ☐ (Huom.)

Rak.aika..... Syvyys..... Ø.....
 Vedenantoisuus.....
 Poraukset aikaiset havainnot (kallion rakenne, veden tulo jne.)

 Koska poistettu käytöstä ja syy.....
 Veden laatu, analyysitulokset.....
 Havaintohetken vedenpinnan taso putken päästä, kannen tai reän
 reunasta (jatkuvamittauksisessa reiässä).....

Huom. Käännä ☐

Fil.lis. Esa Rönkä
Vesihallitus/teknillinen tutkimustoimisto

KALLIOPERÄN POHJAVESI - VEDENHANKINTA

Kalliopohjavedenliikkeistä ja "käyttäytymisestä" on tehty havaintoja jo usean vuosikymmenen ajan. Tietojen määrä alkoi lisääntyä nopeasti erilaisten kalliotilojen rakentamisen yleistyttyä 1960-70 luvuilla. Tiedot perustuivat itse rakennuspaikalla sekä rakennuspaikkojen ympäristöjen kaivoista tehtyihin havaintosarjoihin. Esimerkkinä voidaan mainita 1960-luvun puolivälissä Päijänne tunnelin suunnittelun yhteydessä aloitettu tunnelin mahdollisen vaikutusalueen kaivojen pohjaveden korkeuksien havainnointi, jota hydrologian toimisto suorittaa tiettyssä laajuudessa edelleen Pääkaupunkiseudun vesi Oy:n toimeksiantona.

Tutkimus, jolla pyritään suoraan selvittämään kalliokaivojen käyttömahdollisuuksia ja tehostamista vedenhankinnassa, on ollut hyvin vähäistä, vaikka kaivoja on porattu runsaasti. Varovaisestikin arvioiden 1970-luvulla kalliokaivojen määrä on lisääntynyt vuosittain keskimäärin 3 500-4 000 kpl ja 1960-luvulla jonkin verran vähemmän. Tästä johtuen v. 1976 käynnistettiin vesihallituksessa tutkimus "kalliokaivot vedenhankinnassa".

Koska Suomesta puuttuu kalliokaivotiedosto (joka on monessa kehitysmaassakin), jouduttiin tutkimuksen pohjana oleva kaivoaineisto kokoamaan sekä kaivon omistajilta että poraajilta (taulukko 1). Tilastolliseen käsittelyyn tarvittavat geologiset ja vedenlaatutiedot saatiin kokoon 400 kaivosta. Tähän mennessä saadut tulokset kalliokaivojen käyttömahdollisuuksista haja-asutuksen ja pienehköjen taajamien vedenhankintaan ovat siinä määrin positiivisia, että varsinaiset kallioperän hydraulisten ominaisuuksien tutkimukset tulisi käynnistää mahdollisimman pian.

Taulukko 1. Kalliokaivohavaintojen alueellinen jakaantuminen.

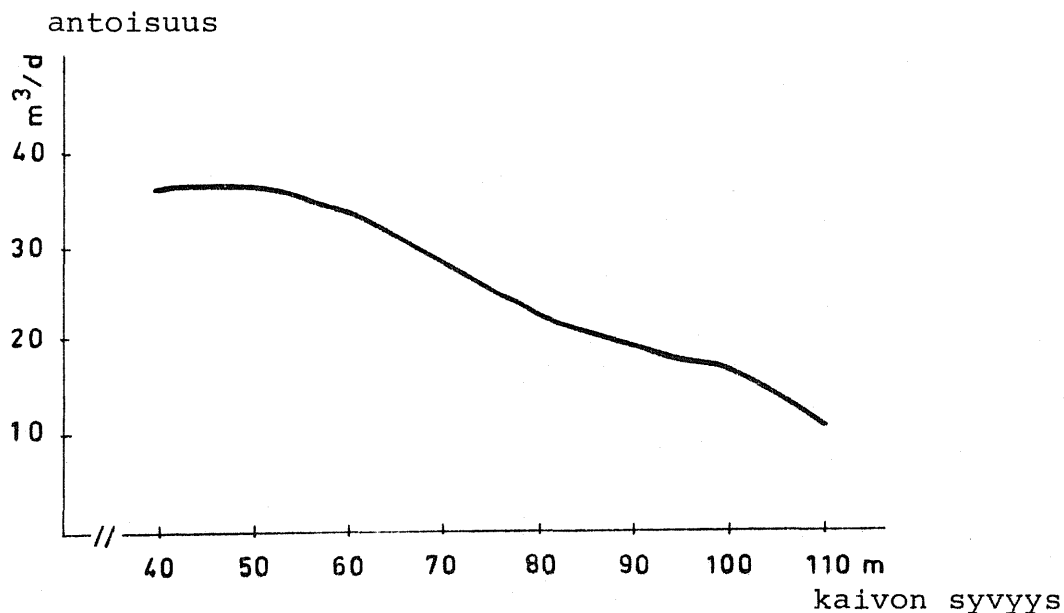
Vesipiiri/Lääni	Kaivojen määrä (kpl)
Keski-Suomi	208
Helsinki	183
Tampere	99
Kuopio	76
Mikkeli	58
Vaasa	51
Turku	31

Kalliokaivojen keskimääräisesti ottaen pieni veden antoisuus ($29 \text{ m}^3/\text{d}$) johtuu siitä, että kaivon paikan on määrännyt ensisijaisesti kulutuspiste ts. kaivo on aina porattu mahdollisimman lähelle rakennuksia. Karttatutkimuksilla on kuitenkin todettu, että kaivoista keskimäärin 35 % on osunut jonkin asteiseen ruhjeeseen, vaikka kallion tektonisia ominaisuuksia ei ole huomioitu kaivon paikkaa määritettäessä.

Edellä kuvatulla tavalla sijoitetuista kaivoista n. 3 % on täysin kuivia ja lisäksi n. 1,5 % antoisuudeltaan $< 0,5 \text{ m}^3/\text{d}$.

Kaivojen keskisyvyys on n. 60 m. Antoisuudeltaan parhaat kaivot ovat yleensä matalia 35-45 m ja huonot kaivot syviä (kuva 1). Tämä osoittaa sen, että hyvin vetäjohtavan ruhjeen löytyminen yli 60 m syvyydestä on harvinaista.

Kallioperän hydraulisten ominaisuuksien tutkimuksen ja yleisen tietämyksen lisääntyessä tulevaisuudessa kyetään kallioperän pohjavesi hyödyntämään aikaisempaa paremmin. Vesimääriä arvioitaessa on huomattava, että monessa paikassa maaperään varastoitunut pohjavesi on yhteydessä kallioperän pohjaveteen.



Kuva 1. Kalliokaivojen keskimääräinen antoisuus eri syvyysluokissa.

Fil.tri Heikki Niini
Geologinen tutkimuslaitos/
Ydinjätteen sijoitustutkimusten projektiryhmä

VESIHALLITUKSEN JA GEOLOGISEN TUTKIMUSLAITOKSEN KALLIOVESITYÖRYHMÄN TOIMINTA

PERUSTAMINEN JA KOKOONPANO

Vesihallituksen (VH) ja geologisen tutkimuslaitoksen (GTL) yhteisen kalliopohjavesityöryhmän toiminta juontaa juurensa GTL:n yhdinjäteprojektin (YSP) 11.12.1979 VH:lle tekemästä yhteistyöehdotuksesta, jossa YSP toivoo VH:n myötävaikutusta järjestelmällisen alueellisen kalliopohjavesihavainnoinnin aloittamiseen ja ylläpitämiseen Suomessa. Tällaista YSP pitää välttämättömänä yhdinjätteen lopullisen sijoituksen geohydrologisten edellytysten selvittämiseksi.

GTL:n ja VH:n yhteistyöneuvottelukunnan 6.5.1980 tekemästä ehdotuksesta perustettiin esityksen ajamiseksi yhteistyöelin, nimeltä "1/80 kalliopohjavesihavainnointiverkko", jonka kokoonkutsujaksi ja GTL:n yhteysmieheksi määrättiin Heikki Niini, puheenjohtajaksi ja VH:n yhteysmieheksi Esko Mälkki sekä kolmanneksi jäseneksi Jouko Soveri. Tämä elin eli työryhmä täydensi kokoonpanoaan lisäksi 2 jäsenellä: VH:sta Esa Rönkä ja GTL:stä Martti Salmi.

TEHTÄVÄN MÄÄRITYS

Työryhmä määrättiin tekemään itse tarkempi esitys tehtävistään ja raporttoimaan vuosittain toiminnastaan yhteistyöneuvottelukunnalle. Ryhmä omaksui tehtäväkseen laitosten välisen sellaisen yhteistyön aikaansaamisen, ylläpitämisen ja edistämisen, joka koskee sekä mainittua kalliopohjavesihavaintoverkkoa että myös vesihuollon tarpeita huomioivan tektonis-hydraulisen kalliopohjavesiselvityksen tekemistä.

TYÖSKENTELY JA TULOKSET

Työryhmä muodosti kumpaakin edellä mainittua osatehtävää varten oman alaryhmänsä: "geohydrologiseen" jaokseen nimettiin ryhmästä Soveri puheenjohtajaksi sekä "ulkojäseneksi" GTL:stä Veikko Hakkarainen, kun taas "geohydrauliikka"-jaokseen kuuluivat Mälkki, Rönkä, Salmi ja puheenjohtajana Niini. Salmen sijaiseksi (hänen siirryttyään pariksi vuodeksi Tansaniin) tuli keväällä 1981 Kyösti Lumiaho.

Työryhmän ja sen jaostojen vilkkaan, lähinnä kokousmuotoisen työskentelyn tuloksena tehtiin 23.4.1981 yhteistyöneuvottelukunnalle esitys, joka sisältää 1) yksilöidyn ehdotuksen GTL:n ja VH:n yhteisen geohydrologisen, vesipiirijakoa noudattavan kalliopohjavesihavainnointiverkon aikaansaamisesta

ja järjestelyistä sekä 2) periaate-esityksen muutamalla erityisellä koealueella suoritettavan geohydraulisen yhteistyöselvityksen tutkimusaiheista, alueista ja toimenpiteistä. Esitysten valmistumisen myötä jaokset lopettivat toimintansa, mutta itse työryhmän on tarkoitus jatkaa toimintaansa suunnitellun yhteistyön virallisena yhteys-, koordinointi- ja seurantaelimenä.

Korkeampien elinten myönteisiä ratkaisuja odoteltaessa kumpikin osapuoli on toistaiseksi voinut niukkojen resurssiensa puitteissa toteuttaa suunniteltua yhteistyötä vain erittäin vaillinaisesti.

Fil.tri Esko Mälkki
Vesihallitus, vesihuoltotoimisto

AKVIFERIEIN HYDRAULISTEN OMINAISUUKSIEN TUTKIMINEN ALUEELLISISSA SELVITYKSISSÄ

JOHDANTO

Akviferilla tarkoitetaan vedellä kyllästynyttä ja vettä johtavaa geologista muodostumaa tai muodostuman osaa. Vedenhankinnan tutkimuksen kannalta akviferien hydrauliset ominaisuudet jakautuvat kahteen pääryhmään:

- hydraulinen yhtenäisyys (lähinnä horisontaalisuunnassa); ulottuvuudet eri suuntiin
- horisontaalinen vedenjohtavuus muodostuman eri osissa; muodostuman pääakviferin (tarkoitetaan muodostuman parhaiten vettä johtavaa vyöhykettä, esim. harjujen karkeinta ydinosa välittömine ympäristöineen) vedenjohtavuusluku, vrt. taulukko 1.

Tärkeänä käytännössä vaikuttavana tekijänä on myös johtavien kerrosten asema ympäristöön nähden, mistä kokonaisuudesta akviferialueen tehollinen pohjaveden muodostuminen ja pohjaveden hydrologinen virtauskuva luonnonolosuhteissa tai eri vedenottolanteissa riippuvat ja mikä myös vaikuttaa mm. Darcyn lain muuttuvien parametrien (veden virtausnopeus, hydraulinen gradientti) muodostumiseen. Laaja-alaisissa akvifereissa, kuten useimmiten reunamuodostumissa, pohjavesi on varastoitunut akviferin ympäristöä ylemmäksi ja ympäristövaikutus on vähäinen tai puuttuu. Alaville alueille kerrostuneissa, Suomen olosuhteissa tavanmukaisen kokoisissa akvifereissa ympäristön vaikutus on taas merkittävä.

Taulukko 1. Glasifluviaalisissa pitkittäismuodostumissa havaittuja vedenjohtavuuslukuja (Mälkki 1979).

Glasifluviaalinen muodostuma	Vedenjohtavuusluku K m/s
Kolpene	$0.6 \cdot 10^{-2}$
Hanhikemppi	$0.7 \cdot 10^{-2}$
Lappakangas I	$0.9 \cdot 10^{-2}$
Lappakangas III	$1.6 \cdot 10^{-2}$
Köping (Ruotsi)	$1.8 \cdot 10^{-2}$
Hiisimäki	$2.2 \cdot 10^{-2}$
Tullinkangas	$2.4 \cdot 10^{-2}$
Kokkokangas	$2.5 \cdot 10^{-2}$
Pässinlukot	$4.4 \cdot 10^{-2}$
Eskilstuna (Ruotsi)	$5.5 \cdot 10^{-2}$
Ängermanälven (Ruotsi)	$5.5 \cdot 10^{-2}$
Jälänniemi	$6.6 \cdot 10^{-2}$
Koskenkorva	$11.9 \cdot 10^{-2}$
Linnamäki	$17.6 \cdot 10^{-2}$
Lappakangas II	$21.3 \cdot 10^{-2}$

PAAAKVIFERIRYHMÄT

Akvifereita voidaan ryhmitellä vedenhankinnan tutkimuksen kannalta seuraavin perustein:

- geologiset muodostumaryhmät ja niiden alaryhmät
- veden saantiin ja käyttäytymiseen tehokkaimmin vaikuttavat hydrauliset ominaisuudet

Tärkeänä hydraulisten ominaisuuksien selvityksiin vaikuttavana käytännön tekijänä on muodostumien tutkittavuus, millä tässä tarkoitetaan tutkimusten vaikeusastetta kustannusmielessä. Tutkimuksissa tarvittava tekniikka, mm. syvän pohjavedenpinnan olosuhteissa suoritettavia selvityksiä ajatellen, on käytettävissä. Vaikeusaste on lähinnä riippuvainen kunkin akvifereita käsittävän muodostumatyypin pohjavedenpinnan alaisen olosuhteiden tuntemuksesta, joka vaihtelee. Kun esimerkiksi reunamuodostumissa hyvin johtavien akvifereiden osuus kokonaistilavuudesta on suhteellisen pieni ja ennusteet niiden esiintymisalueista erityisesti jäljempänä mainitussa akviferiryhmässä 3 epävarmoja, akviferit helposti jäävät tutkimatta. Monet laajat, vedenhankintaan soveltuvat reunamuodostumien osat odottavat tästä syystä yhä hyödyntämistään.

Edellä mainituin perustein voidaan erottaa seuraavat akviferiryhmät:

1. Karkeaytimiset ($K > 10^{-2}$ m/s) glasifluviaaliset pitkittäismuodostumat, näiden proksimaali- ja distaalipuolen liittymät reunamuodostumiin (reunamuodostuman proksimaalipuoli = mannerjäätikön vetäytymissuuntainen puoli; distaalipuoli = reunamuodostuman vastakkainen puoli), karkearakeiset/karkeaytimiset deltat sekä edellisiin kuulumattomat eriliset jäätikköjokimuodostumat ja rantakerrostumat
2. karkeaa ydintä vailla olevat pitkittäismuodostumien osat, niiden liittymät reunamuodostumiin, hienorakeiset deltat sekä rakeisuudeltaan vastaavat edellisiin kuulumattomat jäätikköjokimuodostumat ja rantakerrostumat
3. em. liittymien ulkopuolelle jäävät reunamuodostumien osat
4. akvifereja muodostavat moreenit
5. akvifereja muodostavat kallioperän osat

TUTKIMINEN

Tutkimuksen perusosan muodostaa aikaisemman tutkimusaineiston tarkastelun ohella pohjavedenpinnan alaisten olosuhteiden rakenne- ja hydrogeologinen tulkinta:

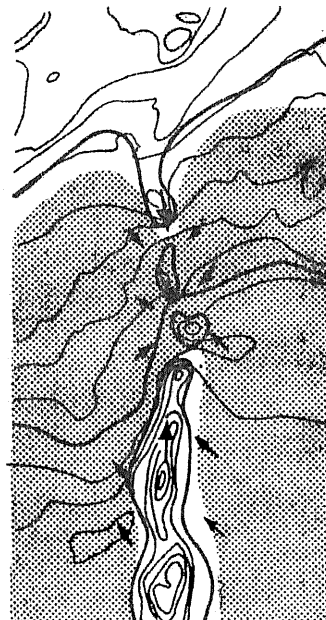
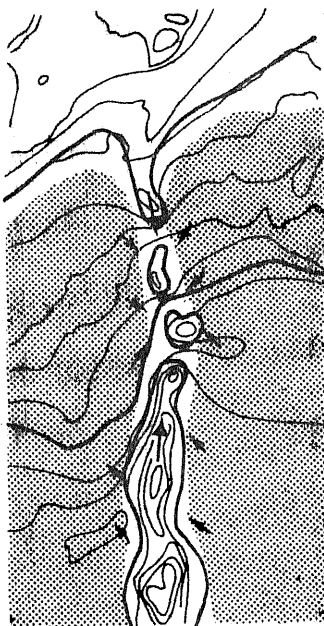
- akvifereiden laatu, rakennepiirteet, ulottuvuudet
- koko muodostuman alueen pohjaveden hydrologinen virtauskuva ja pohjaveden purkautuminen
- vedenjohtavuus (tulkintaedellytyksiä toistaiseksi lähinnä vain edellä mainituissa ryhmissä 1 ja 2)

Tutkimuksissa käytetään mahdollisuuksien mukaan apuna geofysikaalisia luotauksia, mutta kalleutensa vuoksi menetelmien käyttö on ollut toistaiseksi suppeaa rajoittuen lähinnä hiekkasoramudostumiin.

Näissä muodostumissa edellä kuvattua tutkimuksen perusosaa täydennetään määrittämällä geologisen tulkinнан sekä valituissa kohteissa mahdollisesti suoritettujen kairausten perusteella kohteet Darcyn lain mukaisten parametrien selvittämiseksi. Tutkimusta varten asennetaan harva putkiverkko eri mittauksia varten. Hydraulisen gradientin määrittelyssä käytetään apuna myös kaivoista ja pohjavesilammikoista suoritettuja vedenkorkeushavaintoja.

Sora-hiekka-akvifereiden hydraulisten ominaisuuksien selvityksellä on huomattava käytännön merkitys. On tärkeää tuntea yleisesti muodotumien ulottuvuudet ja vedenjohtavuusominaisuudet pohjavesien suojelukysymyksiä ajatellen. Pitkittäismuodostumien pituus- ja poikittaissuuntaisen vedenjohtavuuden suhde on merkittävä muodostumasta otettavan veden määrä-laatusuhteen kannalta. Tilanne on useimmiten sellainen, että akviferin keskellä oleva hyvälaatuinen, happirikas pohjavesi rajoittuu reunoilla happiköyhään, rautapitoiseen veteen (kuva 1). Edellä mainitun johtavuuden suhteen ollessa suuri, mihin käytännössä merkittävimmin vaikuttaa juuri akviferin pituussuuntainen vedenjohtavuuskomponentti, esiintymää voidaan tämän tekijän puolesta kuormittaa runsaasti. Kuormituksen ylittäessä tietyn rajan, jota hydraulisten ominaisuuksien ohella myös muut tekijät, kuten hapen saanti säätelevät, rautapitoisen pohjaveden kenttä kasvaa (kuva 2). Tällaista kymmeniltä alueilta saatua kokemusperäistä tietoa tukevat monet tieteelliset tutkimustulokset.

Siten niiden akviferin antoisuusarvioinneissa, joissa pyritään hyvälaatuisena käyttöön saatavan vesimäärän selvittämiseen (pääosa Suomessa suoritetuista tutkimuksista), hydraulisten olosuhteiden tuntemus muodostaa lopullisissa arvioinneissa tärkeän perustan. Tätä ajattelua sovelletaan myös tutkimuksissa, joihin ei voida vielä liittää koepumpauksia. Niinpä esimerkiksi parhaillaan käynnissä olevassa ns. tärkeiden pohjavesialueiden tutkimuksessa hydrauliset olosuhteet kartoitetaan mahdollisuuksien mukaan yksinkertaisia kenttätutkimusmenetelmiä käyttäen.



- Raudaton pohjavesi
 Rautapitoinen pohjavesi
 Pohjaveden virtaussuunta

Kuva 1. Hyvålaatuista pohjavettä käsittävå harjuakviiferi, joka rajoittuu rautapitoisen veden kenttään. Hyvinkååkylåsså olevan harjuakviiferin olosuhteita muokailleen.

Kuva 2. Rautapitoisen veden lisåntyminen kuvan 1 muodostumassa ylisuuren vedenoton vaikutuksesta. Kuviteltu tilanne.

Moreeniakvifereiden ominaisuuksien määrittelysså näyttåå koepumppaus sitä valmistelevine tutkimuksineen muodostuvan tärkeimmåksi menettelyksi.

Kallioakvifereiden hydraulisten ominaisuuksien tutkimuksissa muodostavat lähtökohdan:

- rakennegeologinen tulkinta (akviiferiulottuvuudet)
- geofysikaaliset luotaukset
- Darcyn lain prametrien määrittely tutkimusrei'istä suoritettavin mittauksin (pohjaveden virtausnopeus ja kallion hydraulinen johtavuus) sekä koepumppauksin.

Nåistå tutkimuksista on Suomessa sovellettu lähinnå vain kahta ensiksi mainittua. Kallioakvifereiden lisåntyvå hyödyntåmistarve johtaa tulevaisuudessa kuitenkin, nykyistå laajempiin tutkimuksiin ja tutkimusmenetelmien soveltamiseen.

KIRJALLISUUS

Målkki, E. 1979. Ground-water flow velocity as an indicator of the permeability and internal structure of eskers. Tiivistelmä: Pohjaveden virtausnopeus ja sen kuvastama harjujen vedenlöpåisevyys ja sisåinen rakenne. Vesien-tutkimuslaitoksen julkaisuja 32. 42 p. Helsinki.

4. POHJAVESIVAROJEN INVENTOINTI, HOITO JA SUOJELU

Puheenjohtaja: toimistopäällikkö Antti Jokela

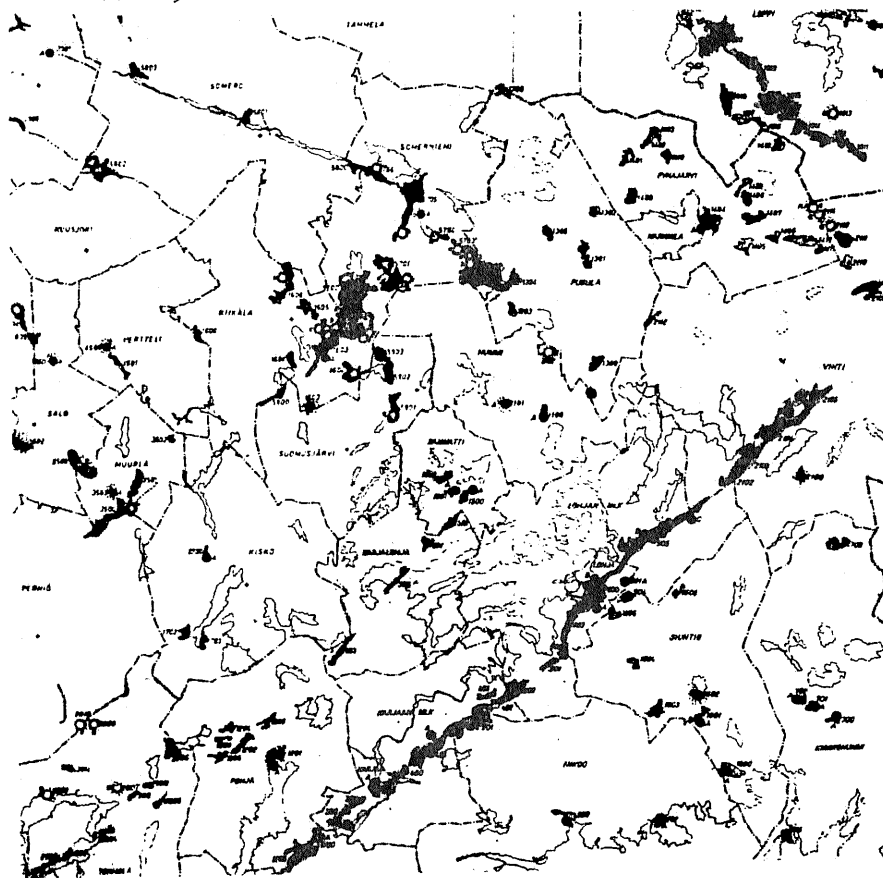
Fil.tri Esko Mälkki
Vesihallitus/vesihuoltotoimisto

V E D E N H A N K I N T A A N S O V E L T U V I E N P O H J A -
V E S I V A R O J E N I N V E N T O I N T I

JOHDANTO

Pohjavesivarojen inventoinnilla tarkoitetaan alueellista pohjavesivarojen selvitystä. Se on tiedon hankkimista pohjavesialueista tai yksittäisistä pisteistä, jotka ovat vedenhankintaan käyttökelpoisia. Tehtävä rajautuu siten akvifereja käsittäviin eri tyyppisiin muodostumiin, joiden pinta-ala lienee 5-10 % Suomen kokonaispinta-alasta.

Ensimmäiset varsinaiset inventoinnit 50-luvun lopulla ja 60-luvun alussa käsittivät lähinnä tietojen keräystä vedenotto-paikoista ja lähteistä. Työmuoto kehittyi 60-luvulla vesi-huollon nopeasti kasvavien tarpeiden myötä ja toisaalta ve-sivaratiedon niukkuuden vuoksi laajoja alueita käsittäväksi hiekka- ja soraquodostumien pohjavesivarojen kartoitukseksi (kuva 1), joka käsitti aikaisemman aineiston tarkastelun ohella alueiden pinta-alan perustuvan vesivarannon tarkas-telun. Vuosikymmenen loppuun mennessä käytiin läpi hieman yli 40 % Suomen pinta-alasta. Näitä tuloksia sekä maan muis-ta osista peruskarttoja sekä geologisia yleiskarttoja käyt-täen laadittiin 1970 arvio koko maan pohjavesivaroista (Mälk-ki ja Salmi 1970).



Kuva 1. Ote Länsi-Uudenmaan pohjavesivarojen yleisinventoinnin kartasta (Mälkki ja Natukka 1968). Kuvan tummat osat esittävät kartoitettuja pohjavesialueita. Vedenottopaikat merkitty tummilla, lähteet vaaleilla ympyröillä.

1970-luvun tutkimus vesihallinnossa on painottunut ns. tärkeiden pohjavesialueiden (n. 1 200 kpl, 2 500-3 000 km²) hydrogeologiseen kartoitukseen ja suojaamistarpeiden määrittämiseen. Osassa maata on jo aikaisemmin, mutta varsinkin 80-luvun alusta lähtien alettu tutkia haja-asutuksen vesilähteitä. Samalla tutkimus on osittain siirtynyt tärkeiden pohjavesialueiden ja samalla myös tavallisimmin tutkimuskohteina olleiden glasifluviaalisten muodostumien ulkopuolelle.

Vesivarojen tutkimus on siten lyhyessä ajassa käynyt läpi nopean kehityksen muodonmuutoksineen, mikä kehitys yhä jatkuu. Tähän on luonnollinen perusta. Pinta-alaan painottuvat inventoinnit ovat luonteeltaan sekä töiden mittasuhteista ja suorittamismahdollisuuksista johtuen olleet pikemminkin suuntaa osoittavia kuin suunnittelupohjaa antavia. Ne ovat aikanaan täyttäneet tehtävänsä, koska tutkimuksiin perustuen on voitu hahmotella pohjaveden hyväksikäyttömahdollisuuksia. Vaatimustaso on kuitenkin kasvanut. Vedenhankinnan yleissuunnittelu edellyttää vesivarojen arvioinneilta aikaisempaa huomattavasti suurempaa tarkkuutta ja tämä puolestaan yksilöllistä vaikkakaan ei välttämättä yksityiskohtaista selvitystä pohjavedenpinnan alaisista olosuhteista. Pinta-alat muodostavat vesivarojen arvioinneissa yhä kaukaisemman taustatekijän.

60-luvun inventoinneissa pohjaveden muodostuminen arvioitiin tavallisesti 20-50 % suuruiseksi - useimmiten ei todellisen imeytymisen vaan veden arvioitujen käyttöönsaantiolosuhteiden perusteella, mikä seikka on joskus tulkittu väärin. Vaikeissa ja epävarmoissa olosuhteissa käytettiin pieniä imeytymisprosentteja, koska ei ollut mahdollista erotella heikkolaatuisia muodostuman osia. Työmuoto on kehittynyt siten, että alueen vesivarantoa tarkasteltaessa pyritään määrittämään tehollinen, pohjavettä samaan hydraulisesti yhtenäiseen varastoon muodostava pinta-ala sekä tälle pohjaveden todellisia muodostumisolosuhteita vastaava keskimääräinen imeytymisprosentti. Kuten tunnettua, glasifluviaalisissa muodostumissa ovat esim. orsivesi-ilmiöt yleisiä ja ilmentävät monesti yhteyden puuttumista pääakviferin pohjavesivarastoon. Tätä tarkasteluperustaa ei ole vielä läheskään aina voitu soveltaa esim. tärkeiden pohjavesialueiden tutkimuksessa. Pinta-ala antaa ainakin tyydyttävän arviointiperustan noin puoleen maanpinnan tasolle ulottuvista hiekka- ja soraesiintymistä.

INVENTOINNIN PERUSTEET JA TOTEUTTAMINEN

Vesivarojen inventointi ja käyttökelpoisuuden luokittelu vesihallinnossa pohjautuu yhä ja pitkään tulee pohjautumaan vedenhankinnan tarpeiden tyydyttämiseen. Inventoinnin kohteina ovat kaikki akvifereja käsittävät geologiset muodostumaryhmittä. Glasifluviaalisten muodostumien ohella tutkimuksen piiriin ovat tulleet morceniakviferit. Myös kallioperän pohjavesivaroja tutkitaan yhä enenevässä määrin haja-asutuksen vedenhankintaa varten vaikkakaan näiden, samoin kuin moreenienkaan osalta ei voida puhua järjestelmällisesti vesivarojen kartoittamisesta.

Inventoitavilta alueilta kerätään jo olemassa oleva pohjavesitutkimustieto. Maa-akvifereiden osalta varsinaisessa työssä pyritään suppeita teknisiä tutkimuksia apuna käyttäen sellaiseen toteuttamistasoon, että vesivaratiedon (alustava tai yksityiskohtainen arvio olosuhteista riippuen) ohella esiintymässä kysymykseen tulevan vedenottopaikan alue voidaan määrittää ja osoittaa se tarkempien jatkotutkimusten kohteeksi. Varsinkin piiloakvifereiden ollessa kyseessä lopullinen vesimääräarvio saadaan vasta yksityiskohtaisten tutkimusten perusteella.

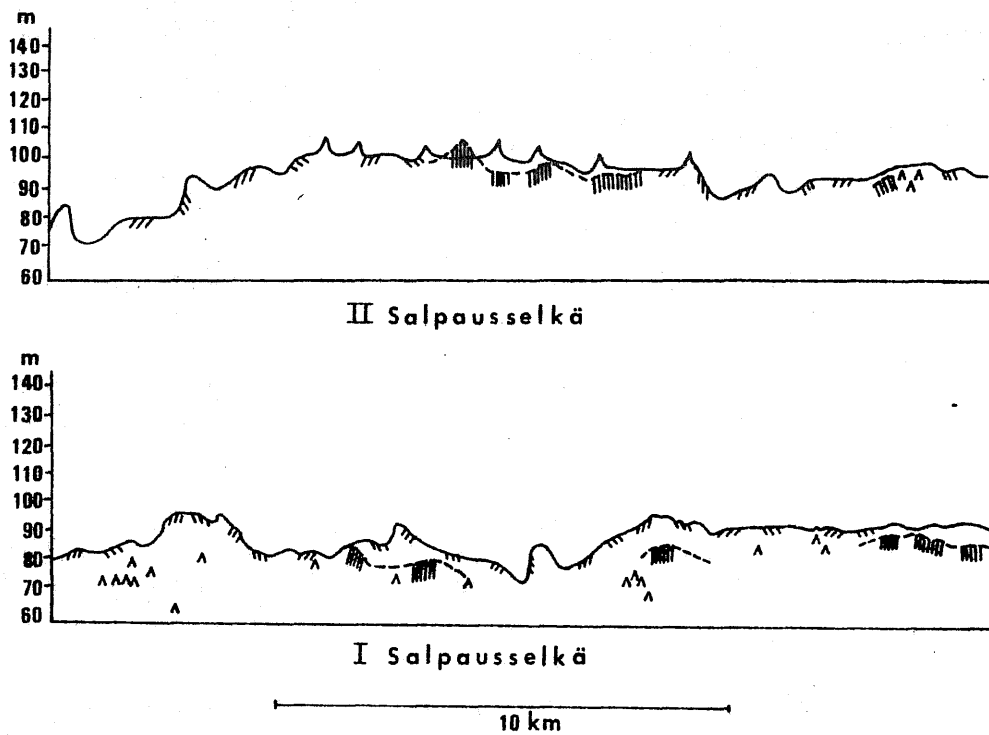
Pohjavesivarojen inventointi on laaja tehtävä ja ei lopu käytännössä lainkaan. Vedenhankinta ja maankäytön suunnittelu samoin kuin pohjavesien suojelu edellyttäisivät kuitenkin, että ainakin kymmenen vuoden kuluessa suurin osa tästä työstä olisi tehty.

HIEKKA- JA SORAMUODOSTUMIEN ALUEET

Jo aikaisemmissa inventoinneissa on jätetty pois osa pohjavettä käsittäviä, mutta vedenhankintaan täysin soveltumattomia hiekka-soramuodostumia, kuten pahoin soistuneita alueita, kokonaan hienorakeisia tai liian ohuita kerrostumia (esim. pääosa Pohjanlahden rannikkoalueen rantakerrostumista) jne. Jatkotutkimuksissa pyritään laajempaan karsintaan vaikkakaan kaikkea ei voida yht'äkkisesti toteuttaa. Sitä mukaa kun uusia vesilähteitä saadaan käyttöön, huomattavia osia taajamien alla olevista akvifereista jää inventointien ulkopuolelle; samoin likaantuneet tai selvän likaantumisuhkan alaiset alueet, kuten alueet kaatopaikkojen, hautausmaiden ja puunkyllästämöiden tuntumassa jäävät pois. Myös erotetaan suovesiä ja pahoin ummehtuneita vesiä käsittävät muodostumat, hiekka- ja sora-alueiden (erityisesti ympäristöön vettä luovuttavien reunamuodostumien) tehottomat lieveosat, vedettömät korkealle alustalle kerrrostuneet muodostumat (vrt. kuva 2) sekä huonosti lajittuneet tai muuten huonolaatuiset tunnusmerkit omaavat akviferit.

Hiekka- ja sora-akviferit luokitellaan mahdollisuuksien mukaan eri muodostumatyyppien ja vedenjohtavuuden perusteella sitä mukaa kuin Darcyn lain parametreja voidaan määrittää tai muita havaintoja on riittävästi. Luokituksessa voidaan käyttää apuna eri harjujaksoille tunnusomaisia geologisia ja hydrogeologisia tunnusmerkkejä.

Pohjavesialueita täydentävät akviferien ulkopuoliset alueet. Niiltä tapahtuu osittain pinta- ja pintakerrosvaluntaa akvifereihin. Ennen kaikkea kuitenkin ympäristöönsä hydraulisessa yhteydessä olevat kokonaan tai osittain peittyneet akviferit saavat ulkopuolelta merkittäviä vesimääriä. Pääosa Suomenlahden ja Pohjanlahden rannikkoalueiden akvifereista kuuluu tähän ryhmään, joiden vesivarantoa ei voida pintaalojen perusteella usein edes alustavasti määritellä. Vesivarantoa lisäävät myös rantimeytymiselle otolliset, mutta käytännössä varsin oikukkaasti esiintyvät alueet.

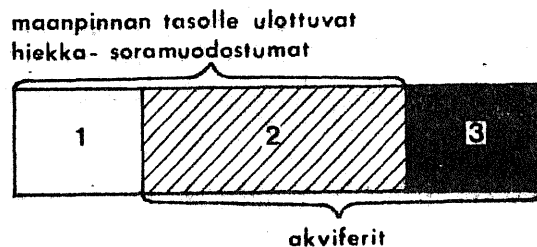


MERKKIEN SELITYS

- | | | | |
|--|--------------|--|----------------------------------|
| | Maanpinta | | Arvioitu kallionpinta |
| | Kallionpinta | | Ss-muodostumaan rajoittuva kalli |

Kuva 2. Pituusleikkauksia Salpausselkämuodostumista P. Öhbergin piirrosta mukailten.

Yhteenvetona voidaan todeta, että noin neljäsosa maanpinnalla esiintyvistä hiekka- ja sora- ja soramuodostumista jää inventoinneissa em. syistä pois. Vastaavasti arviolta noin neljäsosa pohjavesivaroista koostuu "pinta-alattomista" muodostumista (kuva 3).



Kuva 3. Akvifereiden osuus hiekka- ja sora- ja soramuodostumista. 1. Vedettömät tai muuten käyttökeltvottomat muodostumat. 2. maanpinnan tasolle ulottuvat akvifereja käsittävät muodostumat 3. peitteiset akviferit.

MOREENIMUODOSTUMAT

Vesivarojen inventointi perustuu lähinnä joko pohjaveden purkautumispaikkojen tutkimuksiin tai teknisiin selvityksiin. Geologinen kartoitus tulee tuomaan esiin sellaista perustietoa, joka edistää moreenien vesivarojen selvittelyä. Moreeniakvifereiden käyttöä rajoittaa niiden pieni vesivarastotilavuus.

KALLIOAKVIFERIT

Kallioakviferien inventointimahdollisuudet perustuvat rakenn- ja hydraulisten olosuhteiden tuntemukseen. Niiden tutkimisen osalta viitataan edellisessä esityksessä esitettyihin näkökohtiin.

POHJAVESIVARA-AKVIFERIKARTTA JA VESIVARATIEDOSTO

Pohjavesivaratietoa esittävää karttaa tarvitaan monenlaiseen käyttöön. Akviferitieto, mm. jollekin muodostumajaksolle luonteenomaisen vedenjohtavuuden esiintyminen, on puolestaan tärkeä vesivarojen tutkijan kannalta vesivaratiedon, vesivarojen hyödyntämismahdollisuuksien ja suojelun kehittämiseksi.

Vesivara- ja akviferitietoa voidaan esittää samalla kartalla. Lähtökohtana on, että tällainen kartta asianomaisine tiedostoineen on alati täydentyvä ja uusiutuva. Kartta laaditaan niin, että se kulloisessakin valmiusasteessa palvelee käytännöllisimmän tiedon tarvitsijoita. Työkartan mittakaava on 1:100 000, josta voidaan laatia pienemmässä mittakaavassa yhteenvetoja. Kartta käsittää mm. kaikentyypiset akviferit muodostumien, osin hydraulisten ominaisuuksien ja tiettyjen erityisolosuhteiden mukaan luokiteltuna sekä käytännön kannalta merkittävät hydrogeologiset ja tekniset tiedot.

Vesivaratiedosto käsittää erilaista veden määrään ja laatuun liittyvää tietoa. Vesivaratiedoista laaditaan yhteenvedot 5 vuoden välein.

KIRJALLISUUTTA

- Mälkki, E. & Salmi, M.H. 1970. Suomen pohjavesivarat. Suomen kunnat 8:403-410.
- Mälkki, E. & Natukka, A. 1968. Lounais-Suomen ja Länsi-Uudenmaan pohjavesivarat. Maalaiskunta 5: 278-288.
- Ohberg, P. 1981. Salpausselkien geologia ja morfologia Kymen läänin alueella. Turun yliopiston maaperägeologian laitos. LuK-työ (moniste).

Dipl.ins. Matti Nieminen
Vesihallitus, vesihuoltotoimisto

T A R K E A T P O H J A V E S I A L U E E T

TYÖN TAVOITE

Vesihallituksen toimesta on vuosina 1973-76 määriteltä sel-laiset alueet, joilla yhdyskuntien sekä elintarvike-, lääke- ja muun niihin verratavan teollisuuden pohjavesilaitosten raakavesi pääasiallisesti muodostuu. Näistä alueista on käy-tetty nimitystä tärkeät pohjavesialueet.

Vuodesta 1978 lähtien on tätä luonteeltaan alustavaa karttoi-tusta täydennetty ja ko. alueita koskevat tiedot saatettu ajan tasalle. Tavoitteena on sellainen selvitystarkkuus, et-tä alueiden tärkeys vesihuoltoon on kunkin alueen osalta osoitettavissa nykytilannetta vastaavana, alueiden teknis-es-tä käyttökelpoisuudesta saadaan perustiedot ja niistä laa-dittavat kartat tietoineen täyttävät maankäytön suunnitte-lun sekä pohjavesien suojelun ja valvonnan asettamat vaa-timukset. Alueiden tärkeimpänä määrittelyperusteena on siis vedentarve.

TYÖN TOTEUTUS, AIKATAULU JA NYKYVAIHE

Alueiden varsinainen kartoitustyö tehdään vesipiireissä ja vesihallituksesta ohjataan ja koordinoidaan työtä. Kartta-tarkastelun ja maastotutkimuksen jälkeen laaditaan alueilta hydrogeologinen selvitys (muodostuma-alueen määrittely, kal-lioperä, maaperän koostumus ja rakenne sekä vallitsevat poh-javesisuhteet) sekä merkitään kartalle aluetta mahdollisesti liikaavat kohteet. Alueita tulee yhteensä noin 1 200 kpl ja niiden yhteispinta-ala noussee 2 500-3 000 km²:iin.

Työn aikataulun mukaan vesipiirien tulee lähettää vesihalli-tukselle esityksensä tärkeiksi pohjavesialueiksi vuoden 1981 loppuun mennessä. Valtakunnallinen yhteenveto tärkeistä poh-javesialueista laaditaan vuoden 1982 aikana. Tällä hetkellä näyttää siltä, että vesipiirit saavat tulostettua asiatie-dot pääosiltaan kuluvan vuoden loppuun mennessä. Alueita va-littaessa on yhteistyö kuntien kanssa ollut kiinteää. Lisäk-si on valinnassa otettu huomioon vedentarve laajemminkin kuin kuntakohtaisesti, koska pohjavesivarat ja tarvealueet eivät useinkaan ole keskenään sopusoinnussa.

Työn valmistumista vauhdittavat eduskunnassa hyväksytty maa-aineslaki, joka astuu voimaan 1.1.1982 sekä valmisteilla ole-va lakiesitys öljysäiliöiden tarkistusmenettelyn saattami-sesta lakisääteiseksi. Maa-ainelain mukaan maa-ainesten ot-taminen tulee luvanvaraiseksi, jolloin lupaa haettaessa tu-lee esittää ottamissuunnitelma. Ottamissuunnitelman eräänä keskeisenä osatavoitteena on pohjaveden ennakkosuojelu (kai-vurajoitukset, valvonta ja mahdollisten epäkohtien korvaa-miseksi tarvittavat toimenpiteet). Tällöin on oltava löydet-

tävissä tarkat rajaukset tärkeille pohjavesialueille. Hallituksen valmisteilla oleva esitys öljysäiliöiden tarkistamisesta koskee nimenomaan tärkeillä pohjavesialueilla olevien säiliöiden lakisääteistä tarkistamisvelvoitetta.

KARTOITUSTYÖN JULKAISUT JA ASIAKIRJAT

Kartoitustyöstä julkaistaan valtakunnallinen yhteenveto, jossa on vesipiireittäin ja lääneittäin luettelot tärkeistä pohjavesialueista oleellisimpine tietoineen (liite 1) sekä 1:400 000 pohjaisille kartoille piirretyt pohjavesialueiden rajaukset.

Jokaisesta kunnasta, jossa tärkeitä pohjavesialueita on laaditaan ns. kuntakansio. Siinä on yleiskuvaus kunnan vedenhankinnasta ja vedentarpeesta, selostus kunnan alueella olevista pohjavesialueista sekä yleiskartta alueista 1:100 000 ja 1:20 000 pohjalle laadittu seikkaperäinen hydrogeologinen kartta (liite 2). Keskeisimpiä tietoja hydrogeologisessa kartassa ovat:

- a) Pohjavedenottamot, tutkitut pohjavedenottopaikat tai vastaavat kuten huomattavat lähdealueet.
- b) Pohjaveden varsinaisen muodostumisalueen raja. Tämä osoittaa alueen, jossa maaperän vertikaalinen läpäisevyys maanpinnan ja pohjavedenpinnan välillä on vähintään hienohiekan vedenläpäisevyyttä vastaava.
- c) Pohjavedenpinnan korkeussuhteet havaintopisteineen pohjaveden muodostumisalueella ja lähiympäristössä.
- d) Pohjaveden virtaussuhteet
- e) Muodostumisalueen välittömässä ympäristössä olevan lievealueen raja, joka merkitään myös tiivispeitteisillä alueilla olevien vedenottamoiden ympärille. Tämä on samalla tärkeän pohjavesialueen raja.
- f) Pohjavesialueen ja vesistön väliset läpäisevät rantaviihan osat
- g) Pohjavettä mahdollisesti likaavat kohteet kuten kaatopaikat, jätevedenpuhdistamot, huoltoasemat ja öljyvarastot
- h) Sorakuopat
- i) Vesioikeuden vahvistaman suoja-alueen uloimman vyöhykkeen raja.

Lisäksi kuntakansioon on kustakin alueesta täytetty pohjavesialuekortti, jossa aluetietojen ja hydrogeologisten selvitysten lisäksi esitetään mm. oleelliset tiedot vedenottoista ja alueella suoritetuista pohjavesitutkimuksista. Vedenlaatulomakkeelle on kerätty alueen pohjaveden vesinäytteiden tutkimustulokset.

Kansio on merkittävä apu maankäytön suunnittelussa, aluetta koskevien lausuntojen antamisessa sekä pohjavesialueiden suojelussa ja valvonnassa.

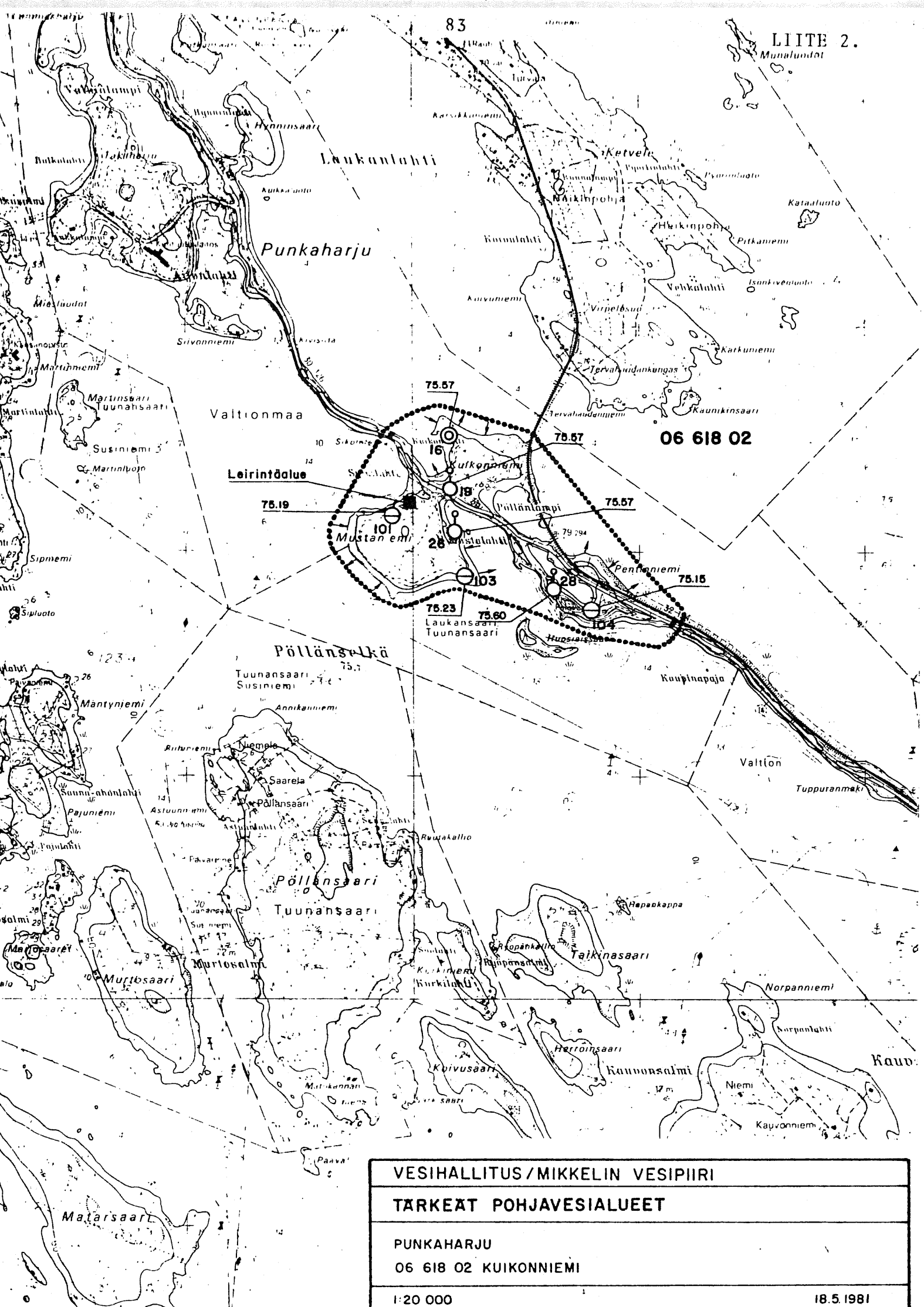
Yhteenvetona voidaan todeta, että tällä kartoituksella on voimakkaasti suojelullinen perusta. Tavoitteena on turvata yhdyskuntien ja vastaavat laatuvaatimukset omaavien teollisuuslaitosten vedenhankinta tulevaisuudessa. Suojelullinen tausta edellyttää jatkossa kiinteää yhteistyötä alueiden muuta maankäyttöä suunnittelevien tahojen kanssa.

Pohjavesitutkimus tulee jatkossa vaatimaan runsaasti työtä tiedon tason tarkentamiseksi mm. yksilöidyistä suojeluväa-
timuksista ja vedenhankintaan kelvollisista vesivaroista.

MIKKELIN VESIPIIRIN VESITOIMISTO

Luettelo tärkeistä pohjavesialueista

Kunta ja alueen nimi	Koodi	Alueen kokonaispinta-ala km ²	Muodostumisalueen pinta-ala km ²	Osa-alueiden lukumäärä kpl	Kokonaistoimisuus m ³ /d	Otettu keskimäärin v. 1980 m ³ /d
<u>HARTOLA</u>						
Hartolan kirkonkylä	06 081 01	4.82	2.29		1000	350
<u>HAUKIVUORI</u>						
Huosiuskangas	06 085 01	0.81	0.39		200	100 ⁸ / ₂
<u>HEINOLAN KAUPUNKI</u>						
Hevossaari I	06 088 01	0.67	0.47		1000	600
Jyrätkö	06 088 02	1.94	1.25		700	700
Veljeskylä	06 088 03	1.84	1.15		1500	300
Hevossaari II	06 088 04	0.12	0.07		300	300
<u>HEINOLAN MAALAISKUNTA</u>						
Vierumäki	06 089 01	1.95	1.37		400	100
Heinolan kirkonkylä	06 089 02	1.79	0.96		400	250
Myllyoja	06 089 03	4.72	2.50		3000	3000
Urheiluopisto	06 089 04	16.51	12.07		10000	-
<u>JOROINEN</u>						
Kotkatharju	06 171 01	11.75	8.77		5000	350
Kolma	06 171 02	7.15	4.94		1500	-
Tervaruukinsalo (Joroinen/Jäppilä)	06 171 51	23.30 16.63/ 6.67	17.47 12.43/ 5.04		10000	-



VESIHALLITUS / MIKKELIN VESIPIIRI

TÄRKEÄT POHJAVESIALUEET

PUNKAHARJU

06 618 02 KUIKONNIEMI

1:20 000

18.5.1981

Dipl.ins. Mauno Rönkkömäki
Vesihallitus/Oulun vesipiirin vesitoimisto

POHJAVESIASIAIN HOITO VESIPIIRI - HALLINNOSSA

JOHDANTO

Vesiasiaain hallinto on maasamme keskitetty vesihallitukselle ja sen alaiselle piirihallinnolle. Ainoastaan kalatalous ja vesiliikenne samoin kuin talousveden terveydellinen valvonta kuuluvat ensisijaisesti muille viranomaisille. Itsenäiset vesilautakunnat ovat kunnallisia vesiensuojeluviranomaisia. Päätöksenteko ja lupa-asiat on pääosin keskitetty vesituomioistuimille, joskin vähäisissä ojitus- ym. asioissa ensias-teen päätäntävalta on annettu vesilautakunnille ja erityisel-le ojitustoimitukselle.

Vesihallinnon toiminta-ajatus on johdettavissa vesilaista (264/61) ja vesihallintolaista (18/70). Sen mukaan vesihal-linnon tehtävänä on vesivarojen järkevän käytön edistäminen. Järkevään käyttöön kuuluvat kestävä käyttö, moninaiskäyttö, aiheuttamisperiaate ja yleisen edun valvonta. Vesivaroista saatava hyöty tulee jakaa oikeudenmukaisesti.

Toiminta-ajatuksensa pohjalta vesihallinto edistää vesivaro-jen hyödyntämistä, hoitoa ja suojelua. Edistäminen koskee se-kä pinta- että pohjavesiä.

Pohjavesivarojen selvittämistä, hyödyntämistä ja suojelua koskevat asiat on vesihallituksessa keskitetty vesiensuoje-lu- ja vesihuolto-osastolle ja piirihallinnossa yleensä vas-taavalle toimialalle. Piirihallinnossa vaikuttavat pohjavesi-asioiden hoitoon myös pohjaveden käyttö ja sitä vaarantavat toiminnot, käytettävissä oleva asiantuntemus, pohjavesitut-kimusvarat ja muut piirikohtaiset tekijät.

Seuraavassa tarkastellaan pohjavesiasiaain hoitoa Oulun vesi-piirin vesitoimistossa. Vesipiirin pinta-ala on $31\,000\text{ km}^2$ ja asukasluku 257 000. Arvioituja pohjavesivaroja on $383\,000\text{ m}^3/\text{d}$, joista on taloudellisesti käyttöönottokelpoisia $263\,000\text{ m}^3/\text{d}$, tutkittuja $109\,000\text{ m}^3/\text{d}$ ja käytössä $61\,000\text{ m}^3/\text{d}$. Yleiset vesilaitokset jakavat talousvettä n. $62\,000\text{ m}^3/\text{d}$, jos-ta pohjaveden osuus on 38 %.

POHJAVESITUTKIMUKSET

Perinteisesti pohjavesitutkimus on palvellut pelkästään ve-denhankintaa. Nytemmin pohjavesitiedon tarve on lisäänty-nyt pohjavesien suojelussa, vesioikeudellisissa katselmus-toimituksissa, maankäytön suunnittelussa, öljyvahinkojen torjunnassa ja yleensäkin pohjavesiin vaikuttavissa toimin-noissa.

Vesipiirin alueella on vuosittain käynnissä keskimäärin kaksi laajempaa ja 5-10 pienekköä pohjavesitutkimusta. Esim. kuluvana vuonna tutkitaan Utajärven, Haapaveden, Kuusamon ja Taivalkosken pohjavesialueita. Utajärvellä tutkimus kohdistuu Rokuan harjuun. Tutkimustuloksista valmistuu pro gradu-työ Oulun yliopiston maaperägeologian professorin johdolla. Käynnissä olevat tutkimukset palvelevat ensisijaisesti haja-asutuskyläiden vedenhankintaa, minkä ohella Rokuan alueen tutkimuksella edistetään pohja- ja pintavesien suojelua.

Vesipiirin pohjavesitutkimus on luonteeltaan sekä poikkeusteellista että poikkeihallinnollista. Tutkimusmenetelmien ajantasalla pitämiseksi pyritään pitämään yhteyttä asiantuntijoihin. Tutkimusvarojen hankkimiseksi on tiivis yhteistyö kuntiin ja vesihuolto-yhtiöihin välttämätöntä.

Pohjavesitutkimusten ohjelmoimisesta ja ohjauksesta vastaa yksi rakennusmestari toimistolla ja kaksi rakennusmestarin johtamaa tutkimusryhmää maastossa. Tärkeiden pohjavesialueiden tarkistamisesta, katselmustoimituksista ja muista erikoisasiantuntemusta vaativista tehtävistä huolehtii työsuhteen geologi. Pohjavesitutkimuksiin käytetään mm. työllisyysvaroja. Myös kunnat osallistuvat tutkimusten rahoitukseen. •

Pohjavesitutkimukseen liittyvät toimenpiteet ovat pääpiirteissään seuraavat:

- veden tarpeen selvitys
- karttatarkastelu
- pohjavesitutkimusohjelman laatiminen
- pohjavesitutkimuksen suorittaminen
- tutkimusaineiston käsittely (pohjavesitutkimusselostus)
- tutkimustulosten hyödyntäminen vedenhankinnassa, vesioikeuskäsittelyssä, suojelusuunnittelussa jne.

Pohjavesitutkimusaineiston pohjalta laaditaan pohjavesitutkimusselostus, jonka sisällysluettelo on esim. seuraavanlainen:

- yleistä
 - tutkimuksen tarkoitus, suorittajat ja laajuus
 - vedentarvearviot
 - kartta-aineisto
 - aikaisemmin tehdyt tutkimukset
- maastotutkimukset
 - maaperäkairaukset
 - koepumppaus
 - koepumppauksen vaikutus ympäristön pohjavedenpintaan
 - vesinäytteet
 - pohjavesialueen laatu ja laajuus
- tutkimusten yhteenveto
 - esiintymän antoisuuden arvioiminen
 - vedenoton haittavaikutukset
 - vedenoton oikeudelliset edellytykset
 - pohjaveden suojaaminen

VEDENHANKINNAN KEHITTÄMINEN

Oulun vesipiirin alueen 257 000 asukkaasta asui yhteisiin vesilaitoksiin liitetyissä kiinteistöissä 84 % ja yhteisiin viemärlaitoksiin liitetyissä kiinteistöissä 65 % vuoden 1979 lopussa. Kaupunkien ja muiden taajamien vedenhankinta on järjestetty suhteellisen hyvin. Sitä vastoin haja-asutusalueilla asuu n. 30 000 ihmistä vailla kunnollista vesihuoltoa.

Vesitoimisto kehittää vedenhankintaa pohjavesitutkimuksilla ja vedenhankinnan yleissuunnitelmilla. Vedenhankinnan yleissuunnitelmat kattavat yhden tai useamman kunnan alueen. Vedenhankintaa palveleva pohjavesitutkimus suuntautuu lähivuosina Koillismaan haja-asutusalueelle, jossa n. 85 % väestöstä kaipaa kunnollista talousvettä. Luonnollisesti riittävä valtion rahoitustuki on välttämätöntä haja-asutuksen vesihuollon turvaamiseksi. Vesihuolto on peruspalvelu siinä missä sähköhuolto, jonka rahoitustuki on järjestetty esimerkillisellä tavalla.

Vedenhankintaan liittyvät toimenpiteet ovat yleisesti ottaen seuraavat

- vedenhankinnan yleissuunnittelu
- pohjavesitutkimukset
- vesihuolto-organisaation muodostaminen
- vesihuoltosuunnitelman laatiminen
- rahoituksen järjestäminen
- vedenhankintarakenteiden ja -laitteiden toteuttaminen, käyttö ja kunnossapito.

POHJAVESIEN SUOJELU

Pohjavesien suojelulla turvataan pohjavesivarojen laadullinen ja määrällinen käyttökelpoisuus eri tarkoituksiin.

Pohjavettä vaarantavia toimintoja ovat esim. soranotto, ojitus, kaatopaikat, öljyvahingot, tienrakentaminen, erilaiset kemikaalit, jätevesien maahan imeytys jne.

Pohjavesien suojelu perustuu ensisijaisesti tietoon pohjavesiolosuhteista ja pohjavesiä vaarantavista toiminnoista, joiden perusteella suojelutoimenpiteet voidaan suunnitella ja toteuttaa. Pohjavesien suojelussa on epäonnistuttu, jos pilaantuminen pääsee tapahtumaan. Ennalta ehkäisy on useimmiten parasta suojelua. Myös pilaantumisvahingon torjuntaan on ennakolta varauduttava samaan tyyliin kuin öljyvahinkojen torjunnassa on menetelty. Samanlaisen torjuntajärjestelmän piiriin tulisikin saada myös myrky- ja kemikaalionnettomuudet.

Vesitoimistossa käytetään pohjavesien suojelun apuna tärkeitä pohjavesialuekarttoituksia, joita täydennetään tarpeen mukaan hydrogeologisilla selvityksillä ja suojelusuunnitelmilla. Huolellisella tutkimuksella ja suunnittelulla turvataan parhaiten maa-alueiden moninaiskäyttö mm. vedenhankinnassa, maa-ainesten otossa ja maisematekijänä.

Mainituilla periaatteilla laadittiin vesitoimiston, vesihuoltolaitosten ja soranottajien yhteistyöllä v. 1980 Karhukan pohjavesialueelle käyttö- ja suojelusuunnitelma. Suunnitelman sisältö on seuraava:

- tavoite
- tutkimukset
- hydrogeologiset olosuhteet
- pohjavesialueen suoja-alueet ja ohjeelliset kiviaineksen ottotasot
- kiviaineksen oton luvanvaraisuus
- suositukset.

POHJAVESIEN KAYTÖN JA SUOJELUN VALVONTA

Vesitoimisto valvoo vesilain pohjavettä koskevien säännösten noudattamista. Vesilaissa mainittu pohjaveden pilaamiskielto (VL 1:22) on siinä mielessä ehdoton, ettei siitä poikkeamiseen saa vesioikeudelta lupaa. Sen sijaan pohjaveden muuttaminen (VL 1:18) on sallittu vesioikeuden luvalla. Mitoitukseltaan vähintään 250 m³/d antoisen pohjavedenottamon rakentamiseen tarvitaan aina vesioikeuden lupa. Valvonta kohdistuu näin ollen vesilain ja vesioikeudellisten lupien noudattamiseen. Valvonnan suorittaminen edellyttää tietoutta pohjavesistä. Toisaalta valvontatarkkailu tuottaa tietoa vesiensuojeluviranomaisille huomioon otettavaksi esim. vesioikeuskäsittelyissä.

Pohjavesien käytön ja suojelun valvonnassa esiintyy seuraavanlaisia tehtäviä:

- vesioikeuden luvan tarpeen harkinta
- lausunnot lupahakemuksista vesioikeudelle
- vesioikeudellisten lupapäätösten valvonta
- tarkkailutulosten käsittely ja hyväksikäyttö
- kaivovahinkojen käsittely
- pohjavesilausuntojen valmistelu jne.

ARVIOINTIA JA SUOSITUKSIA

Vesivarojen hyödyntämisen, hoidon ja suojelun edistäminen on maassamme keskitetty vesihallinnolle. Yleisesti ottaen keskittämiskokemukset ovat myönteisiä. Erityisesti myönteisyys koskee pohjavesivaroja, joiden keskeisintä hyödyntämismuotoa vedenhankintaa pohjavesien hoito- ja suojelutoimenpiteet tukevat. Myös työnjako hyödyntäjien ja suojelijain kesken on

onnistunut. Päävastuu vedenhankinnasta kuuluu kunnille ja vesihuoltoyhtymille. Vesiviranomaisen rooli pohjavesitutkijana palvelee tasapuolisesti sekä pohjavesien hyväksikäyttöä että niiden suojelua.

Pohjavesialueiden käyttöön liittyvien ristiriitojen sovittamiseksi tarvitaan tutkimuksia ja suunnitelmia. Pohjavesigeologinen tutkimus on tarpeen vedenhankinnan, soranoton, öljyntorjunnan, maankäytön ja pohjavesien suojelun suunnittelussa. Oulun vesipiirissä pohjavesitutkimus painottuu lähiaikoina kylien vedenhankinnan suunnitteluun. Tutkimuksiin on saatu myös työllisyysvaroja. Vailla tyydyttävää vesihuoltoa on haja-asutusalueilla n. 30 000 asukasta. Toinen tärkeä tehtävä on pohjavesialueiden käytön ja suojelun suunnittelu. Tiedon ja suunnitelmien tarve tulee edelleen korostumaan maa-aineislain toimeenpanon yhteydessä.

Maaperän ja pohjavesien käytössä ja suojelussa tarvitaan aikaisempaa syvällisempää luonnontaloudellista tietoutta. Tämä edellyttää riittäviä tutkimusvaroja ja pohjavesigeologien vakansseja vesipiireihin. Näillä voimavaroilla on merkitystä myös ympäristönsuojelulle, josta vesiensuojelu kokonaisuudessaan on ihmisten terveyden kannalta tärkein alue.

Fil.mais. Mikko Jaako
Vesihallitus/Oulun vesipiirin vesitoimisto

MAAPATOJEN VAIKUTUS POHJAVESIOLO - SUHTEISIIN

Padoksi kutsutaan yleisesti kaikkia rakenteita, jotka joko rajoittavat veden luonnollista virtausta tai estävät sen konnaan.

Padon rakentamisella pyritään useimmiten varastoimaan vettä sekä luomaan edellytykset vesistön vedenkorkeuksien ja virtaamien säännöstelemiselle vesivoiman kehittämistä, uittoa, vesiliikennettä, vesilaitoksia, kastelua tai muuta tarkoitusta varten. Nämä ovat nk. säännöstelypatoja.

Muita padonrakentamisen yleisiä tavoitteita ovat tulvasuojellullisten ja maisemallisten asioiden hoito. Tällöin puhutaan vastaavasti suojapadoista, pohja- sekä kauneuspadoista.

Maapadot ovat patoja, joiden tilavuudesta vähintään 50 % on maata. Patotyyppinä ne ovat yleisimpiä, koska padonrakentamiseen käyttökelpoista maa-ainesta on useimmiten saatavissa läheltä kohdetta ja edullisesti.

Kuten yleisesti on tunnettua, pohjaveden pinta noudattelee enemmän tai vähemmän maanpinnan muotoja ja yleensä yhtyy saman alueen vesistöjen vesipintoihin.

Luonnontilaisissa olosuhteissa vesistöjen vesipintojen ja pohjavesipinnan muutokset ovat eri vuodenaikoina keskenään samansuuntaiset. Pohjavesipinnan muutos tapahtuu yleensä kuitenkin ajallisesti hiukan myöhemmin. Vesistöön rajoittuvassa hyvin kapeassa rantavyöhykkeessä muutosten voidaan käytännössä katsoa useimmiten olevan lähes samanaikaisia ja samansuuruisia.

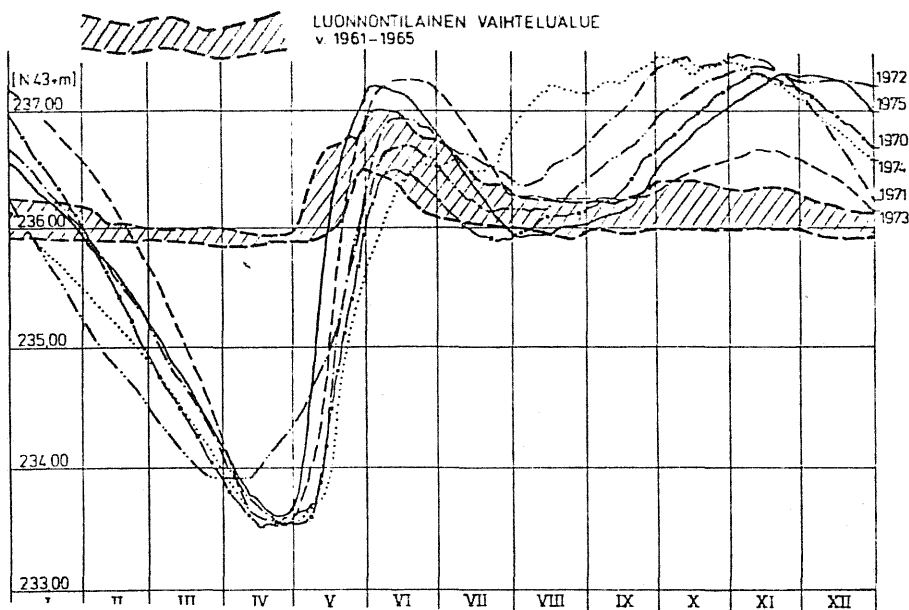
Jos vesistön vedenpinnan tasoa syystä tai toisesta keinotekoisesti esim. patoamalla muutetaan, vaikuttaa kyseinen toimenpide yleensä ympäristöalueen pohjavesioloihin vastaavalla tavalla. Mikäli vesistön vedenpinnan tason muutos on huomattavan suuri, kuten käytännössä tilanne monesti on, aiheutuu siitä usein pohjavesipinnan muutoksen seurauksena monenlaisia haittoja vesistön ympäristöalueella, missä olosuhteet ovat vakiintuneet luonnon omien ehtojen mukaisiksi.

Seuraavassa esitetään käytännön esimerkkitapaus, joka kuvaa padon vaikutusta pohjavesioloihin. Esimerkki koskee säännöstellyn vesistön ympäristöalueella esiintyvien, säännöstelystä johtuvien kaivovahinkojen selvittämistä. Vahinkotapaukset käsittävät kaivojen vesimäärän vähenemisen tai kuivumisen vuoden tiettyinä ajankohtana. Muutamassa tapauksessa kaivoveden laatu on huonontunut. Käytettävissä ovat luonnontilaiset ja säännöstelynaikaiset vesistön vedenpintatiedot usean vuoden ajalta.

Selvitystyön ensimmäisessä vaiheessa selvitetään padon vaikutus vedenpintoihin vesistön eri osissa. On huomattava, että säännöstelypadon, mikä tässä tapauksessa on kyseessä, vaikutus ei rajoitu vain padon yläpuolisille alueille vaan myös alapuolisille vesistönosille yleensä pienentyen alajuoksun suuntaan.

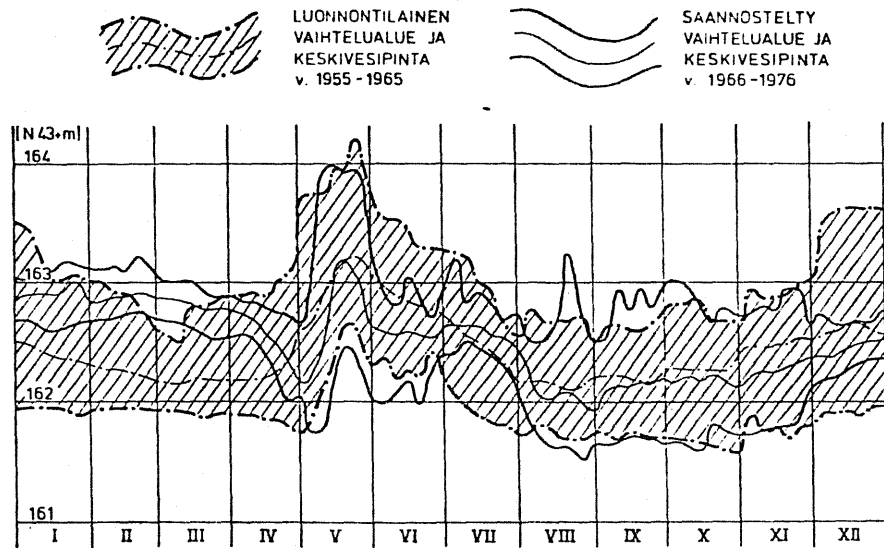
Padon vaikutus vesipintoihin tulee havainnollisesti esiin, kun laaditaan diagrammi, josta näkyy vesistön sekä luonnon-tilaisen että säännöstelynaikaisen vesipinnan tasot riittävän pitkältä ja edustavalta ajanjaksolta.

Seuraava diagrammi (kuva 1) kuvaa vesistön vedenpinnan muutosta padon yläpuolella. Diagrammista nähdään, että säännöstelyn vaikutus on suurin keväällä ja että säännöstelty vesipinta on tällöin noin kaksi metriä luonnontilaista vesipintaa alempana yli kuukauden ajan.



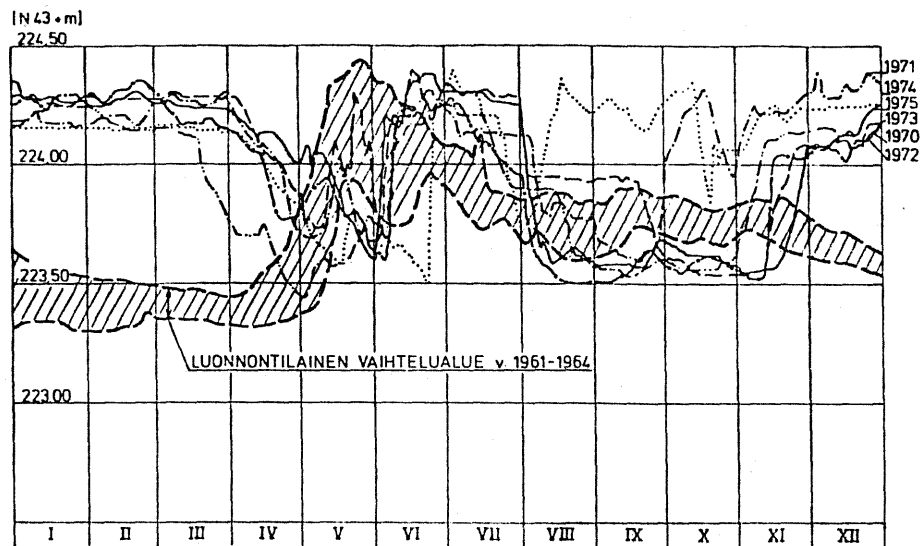
Kuva 1. Vesistön vesipinnan muutokset välittömästi padon yläpuolella.

Toinen diagrammi (kuva 2) kuvaa vedenpinnan muutosta vesistön alajuoksulla noin 60 km:n etäisyydellä padosta. Ko. alueen vesipintoihin vaikuttaa osittain myös toinen suunnilleen vastaavalla etäisyydellä sijaitseva pato. Säännöstelty vedenpinta on elo-syyskuussa noin 20 cm luonnontilaista vesipintaa alempana. Säännöstelyn alentava vaikutus vesistön vesipintaan on alkukesästä tosin vielä suurempi. Tätä tilannetta ei kuitenkaan oteta tässä tapauksessa tarkastelun kohteeksi, koska säännöstelty vesipinta on tällöin selvästi ylempänä loppukesän vastaavaa vesipintaa.



Kuva 2. Vesistön vesipinnan muutokset padon alapuolella (etäisyys n. 60 km).

Jos jollakin vesistöalueella alin luonnollinen vesipinta on selvästi alempana kuin vastaava säännöstelty vesipinta, kaivoveden vähyys ei yleensä johdu säännöstelystä vaan jo alunperin liian mataliksi tehdyistä kaivoista (vrt. kuva 3).



Kuva 3. Vesistön vesipinnan muutokset padon alapuolella (pohjapadon lisävaikutus).

Selvitystyön keskeisimmän ja vaikeimman osan muodostaa aiheutetun pohjavesipinnan muutoksen alueellisen laajuuden ja määrän arvioiminen. Kuten jo aikaisemmin mainittiin, pohjavesipinnan muutos vesistön kapeassa rantavyöhykkeessä yleensä vastaa vesistön vesipinnan muutosta pienentyen vesistöstä pois päin mentäessä. Muutoksen alueellinen laajuus ja

määrä riippuvat useista tekijöistä, joista ennen kaikkea on mainittava muutos vesistön vedenpinnassa itsessään. Muita tekijöitä ovat mm. vesistön ympäristöalueen maa- ja kallio-perän aineksen laatu ja rakenne (hydraulisen yhteyden laatu ja laajuus) sekä topografia.

Useiden tekijöiden yhteisvaikutuksen arviointi muodostuu usein melko hankalaksi. Seuraavassa esitetään kuitenkin eräs melko havainnollinen ja käyttökelpoinen menettelytapa, jossa useimmat vaikuttavista tekijöistä tulevat huomioituiksi.

Ensiksi rajataan lähinnä vesistön vedenpinnan muutoksen suuruuden perusteella mahdollinen vaikutusalue. Ohjeellisesti voidaan sanoa, että vaikutusalue on esimerkiksi kahden metrin vesistön vedenpinnan muutoksen yhteydessä syytä ottaa tapauksesta riippuen tavallisesti ainakin yhden kilometrin laajuiseksi. Jos muutos on muutaman kymmenen senttimetrin luokkaa, vaikutusalue voidaan yleensä rajoittaa noin 300-400 metriin. Hyvin vettäläpäisevissä hiekka- ja soramaissa vaikutusalue voi olla huomattavasti laajempi.

Rajatulta alueelta inventoidaan kaivot ja merkitään esim. 1:20 000-mittakaavaisille kartoille. Ajankohtana, jolloin säännöstelystä johtuvaksi katsottu haitta ilmenee, pyritään tekemään kaivoalueella hydrogeologinen maastotarkastelu sekä mittauksia, joissa selvitetään ainakin seuraavat asiat: kaivoalueen maanpinnan ja pohjavesipinnan taso, kaivon kannen ja pohjan taso, vesistön vedenpinnan taso sekä kaivon etäisyys vesistöstä. Em. tiedot muine tarpeellisine tietoineen merkitään kaivokortteihin (vrt. kuva 4).

Saatujen mittaus- ja vaaitustulosten perusteella piirretään ns. kaivojen graafiset kuvaajat. Kuvassa 5 on esitetty graafisia kuvaajia kaivoista, joiden alueella vesistön (joen) vedenpinta on laskenut syyskesällä säännöstelyn vaikutuksesta noin 20 cm.

Todennäköiset haittatapaukset voidaan poimia erilleen kaivojen kuvaajista esim. seuraavalla tavalla:

- 1) huomioidaan kaivot, joissa vesi on vähissä tai kokonaan loppunut,
- 2) huomioidaan kaivot, joiden pohjan taso lähenee vesistön vedenpinnan tasoa,
- 3) huomioidaan kaivot, joiden etäisyys vesistöstä on suhteellisen pieni,
- 4) huomioidaan edellä mainituista kaivoista (kohdat 1-3) ne, joissa vesi on riittänyt ennen säännöstelyn toimeenpanoa (tieto saadaan kaivokortista).

VESIHALLITUS

KAIVOKORTTI

Rise

TIEDOT

01	Kaivon nimi	Kaivon sijainti
02	Kaivon omistaja	Käyttäjän nimi
03	Kaivon tyyppi	Käytön tarkoitus
04	Kaivon syvyys (m)	Kaivon leveys (m)
05	Kaivon pituus (m)	Kaivon korkeus (m)

KAIVON KÄYTTÖ

06	Käytön kpl	07	Käytön kpl	08	Käytön kpl	09	Käytön kpl
10	Käytön kpl	11	Käytön kpl	12	Käytön kpl	13	Käytön kpl
14	Käytön kpl	15	Käytön kpl	16	Käytön kpl	17	Käytön kpl

VEDEN LAATU

18	Käytön kpl	19	Käytön kpl	20	Käytön kpl	21	Käytön kpl
22	Käytön kpl	23	Käytön kpl	24	Käytön kpl	25	Käytön kpl
26	Käytön kpl	27	Käytön kpl	28	Käytön kpl	29	Käytön kpl

KAIVON RAKENNE

30	Käytön kpl	31	Käytön kpl	32	Käytön kpl	33	Käytön kpl
34	Käytön kpl	35	Käytön kpl	36	Käytön kpl	37	Käytön kpl
38	Käytön kpl	39	Käytön kpl	40	Käytön kpl	41	Käytön kpl

KAIVON KUNTO

42	Käytön kpl	43	Käytön kpl	44	Käytön kpl	45	Käytön kpl
46	Käytön kpl	47	Käytön kpl	48	Käytön kpl	49	Käytön kpl
50	Käytön kpl	51	Käytön kpl	52	Käytön kpl	53	Käytön kpl

POHJAVEDENPINNAN VAIHTELUT/VAIKUTTAJAT

54	Käytön kpl	55	Käytön kpl	56	Käytön kpl	57	Käytön kpl
58	Käytön kpl	59	Käytön kpl	60	Käytön kpl	61	Käytön kpl
62	Käytön kpl	63	Käytön kpl	64	Käytön kpl	65	Käytön kpl

MUUT RAKENTEET

66	Käytön kpl	67	Käytön kpl	68	Käytön kpl	69	Käytön kpl
70	Käytön kpl	71	Käytön kpl	72	Käytön kpl	73	Käytön kpl
74	Käytön kpl	75	Käytön kpl	76	Käytön kpl	77	Käytön kpl

Päivä ja aika

Tietojen antaja

Allekirjoitus

VN 34.15 15720051001-13

42

LISÄHUOMAUTUKSIA

Kaivokortin käyttöön perustietojen saamiseen ja olevan tilanteen rekisteröimiseen mm. pohjavestutkimuksia. Näiden tietojen perusteella voidaan tutkia kaivon tilaa: myöhempiä haittavaikutuksia, selvittää korvausvelvollisuutta, mikä vuoksi kortin käyttöön on kiinnitettävä riittävästi huomiota erityisesti lähin numeroin varustettujen kysymysten osalta.

Eräitä otettavien kysymysten

05. Kaivon laatu vaikuttaa maaperän, ylätyökaluista maaperätietojen joo on

12. Käytön alkaminen ja nykytilanteesta

23. Maun vaihtelu, maun muuttaminen joo.

24. Maun vaihtelu ja niiden vaikutukset

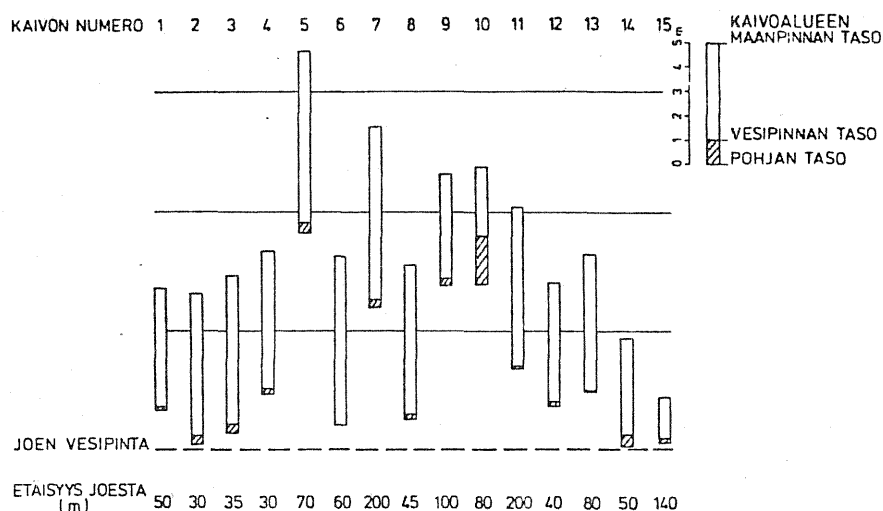
28. Korkeusjärjestelmä tai muu vaihtelu. Eri yhtenäistä korkeutta käytetään, vertailutaso on yleisimmin kaivon kansi.

38. Vainu korkeus tai etäisyys kaivon kannesta

39. mahdollisimman tarkat vaihtelut, erityisesti alimmat osat. Kohta 03. tarkoitetaan myös korkeusmittausta

42. mm. maininta mahdollisista tilapääjärjestelyistä korkeusmittausten haittavaikutusten ilmentymä

Kuva 4. Kaivokortti.



Kuva 5. Kaivojen graafisia kuvaajia.

Edellämainituista neljästä kohdasta kaksi on tulkinnallista ja yksi on haastatteluun perustuva, joten on aivan selvää, että absoluuttisen varmaan lopputulokseen ei rajatapauksissa ole mahdollista päästä, vaan asia on ratkaistava selvityksen tekijän kokonaisnäkemysten perusteella. Onneksi voidaan todeta, että useassa tapauksessa riittää, jos pohjavesipinnan muutoksen arvioinnissa päästään kertaluokalleen oikeaan tulokseen. Tarkkojen muutosten määrittäminen tällaisissa tapauksissa on käytännössä yleensä mahdotonta, koska luonnon-tilaisista pohjavesipinnoista ja niiden vaihteluista vesistön reuna-alueella ei ole tietoa.

Vesistön patoaminen vaikuttaa yleensä myös ympäristöalueen pohjaveden laatuun. Laadun muuttuminen on sitä todennäköisempää mitä suuremmasta vesistön vesipinnan muutoksesta on kysymys.

Jos pohjaveden pinta nousee voimakkaasti kuten säännöstely-aldaiden ympäristöalueilla tavallisesti tapahtuu, pohjavesi virtaa ylempänä olevissa horisonteissa kuin aikaisemmin huuhdellen niitä samalla laadultaan muuttuen.

Säännöstellyn vesistön kapeassa rantavyöhykkeessä pohjavesi saattaa joissakin tapauksissa muuttua vesistön veden kaltaiseksi. Jos vesistön vedenpinnan muutokset ovat nopeita, vesistön kanssa hyvässä hydraulisessa yhteydessä olevien kaivojen vesi muuttuu usein sameaksi, kiintoaineita sisältäväksi veden nopeutuneen virtauksen ja mahdollisen virtaussuunnan muutoksen vuoksi.

Kyseessä olevan kaltaiset pohjaveden laadunmuutokset ovat usein niin moninaisia ja niin monista tekijöistä riippuvaisia, että niiden määrittäminen ei ole mahdollista ilman riittävän laajaa analyysiaineistoa.

Kuten edellisestä ilmenee, padonrakentamisella voi olla huomattavan laaja-alainen ja monipuolinen vaikutus vesistön reuna-alueiden pohjavesiolosuhteisiin. Niinpä mainitunkaltaisten hankkeiden yhteydessä luonnontilaiset pohjavesiolot tulisi selvittää ennen hankkeiden toteuttamista ainakin niillä vaikutusalueen osilla, missä hankkeesta on odotettavissa haittavaikutuksia. Vain tällainen menettelytapa takaa täysin luotettavan lähtökohdan aiheutuneiden vahinkotapausten selvittelylle.

Fil.maist. Eero Pokki
Viatek Oy

KALLIOTUNNELIEN VAIKUTUS POHJAVESI - OLOSUHTEISIIN

YLEISTÄ

Kalliotilojen rakentaminen ja käyttö aiheuttavat luonnollisesti monenlaista haittaa ympäristölleen. Kalliotilat sijaitsevat useimmiten pohjavedenpinnan alapuolella ja lähes aina kalliossa on sen verran rakoja, että vettä virtaa louhittavaan tilaan. Kalliotiloihin virtaava vesi aiheuttaa rakentajille monenlaista riesaa. Kalliotilojen rakentajat kokevat kuitenkin tämän riesan tilapäisenä, josta yritetään jollain tavalla selviytyä. Asutuilla alueilla on kalliotiloihin vuotavasta vedestä kuitenkin haittaa ympäristölle.

KALLION VEDENLÄPÄISEVYYS

Kalliomassiivilla on rakoilusta johtuen tietty vedenläpäisevyys, jota voidaan tutkia vesipainekokeilla. Myös porakaivojen antoisuus kuvaa hyvin kalliooperän vedenläpäisevyyttä. Pitkiä tunneleita louhittaessa ja myös eri alueiden kallio- porakaivojen antoisuuksia tutkittaessa on voitu todeta varsin huomattavia eroja eri alueiden eli siis erilaisten kalliomassiivien vedenläpäisevyydessä. Tämä johtuu rakotyyppien vaihteluista. Syynä runsaaseen avonaisten rakojen esiintymiseen voivat olla esim. poikkeuksellisen suuret vaakajännitykset kalliooperässä, jotka saavat aikaan vaakasenttoisia vetorakoja.

POHJAVEDENPINNAN ALENEMINEN

Kalliotilan sekä rakennus että käyttövaiheen aikana tapahtuvat vesivuodot voivat aiheuttaa pohjavedenpinnan alenemista yläpuolisissa pohjavesialtaissa. Alenemisen suuruus ja vaikutusalueen laajuus riippuvat yläpuolisten pohjavesialtaiden vesivarastojen suuruudesta, vedenläpäisevyydestä, muodostuvan pohjaveden määrästä ja luonnollisesti vuotojen suuruudesta.

Pohjaveden aleneminen voi olla tilapäistä, rakennusaikana tapahtuvaa, silloin kun kalliotilassa käytön aikana vallitseva paine tulee olemaan lähellä yläpuolisen pohjavedenpinnan painetta. Näin on esim. vesitunneleissa, joissa käytön- aikainen paineviiva pyritään suunnittelemaan mahdollisimman hyvin vastaamaan yläpuolisen pohjavedenpinnan tasoa.

Usein kalliotilat tulevat kuitenkin kuivaan käyttöön ja mikäli niissä olevia vesivuotoja ei tukita, on tästä seurauksena pysyvä pohjavedenpinnan aleneminen.

PAINUMAT

Pohjavedenpinnan alenemisen seurauksena maakerrokseen kohdistuva lisäkuormitus aiheuttaa painumia koheesiomaassa. Painumilla on luonnollisesti merkitystä asutuilla alueilla, joilla on painumien aiheuttamille vaurioille alttiita rakennuksia.

KAIVOT

Kalliotilojen rakentamisesta voi olla seurauksena myös, että vedensaanti kaivoista tai muista pohjavedenottamoista estyy tai huomattavasti vaikeutuu. Tällöin on kalliotilan rakennuttajan korvattava syntynyt vahinko. Meillä yleisessä käytössä olevat betonirengaskaivot ovat verrattain matalia ja niissä on varsinkin kuivakausina vettä hyvin vähän, joten pienikin pohjavedenpinnan aleneminen aiheuttaa vedensaannin estymisen kaivosta. Harvaan asutuilla alueilla saattaa olla edullisempaa rakennuttaa muutamia korvauskaivoja, kuin suorittaa laajamittaisia kalliotilojen tiivistystöitä.

POHJAVEDENPINNAN TARKKAILU

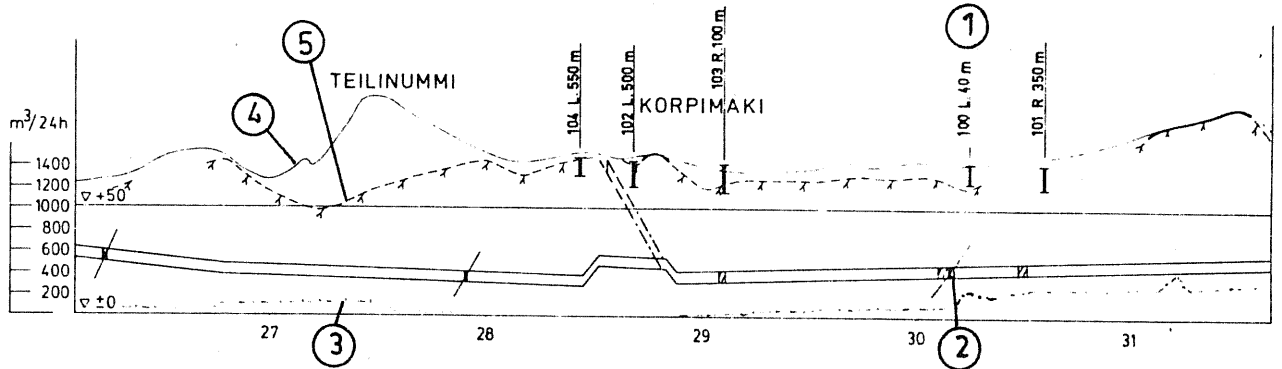
Luotettavimmin pohjavedenpinnan muutoksia voidaan tarkkailla havaintoputkien avulla. Yksinkertaisin havaintoputki on siiviläosalla varustettu metallinen tai muovinen putki, jonka siiviläosa on viety vettäjohtavaan maakerrokseen.

YMPÄRISTÖHAITTOJEN ESTÄMINEN

Kalliotilojen suunnittelijan on asetettava kalliotilalle käyttötarkoituksen mukaiset vaatimukset. Suunnittelijan on myös otettava huomioon edellä mainitut ympäristötekijöistä johtuvat vaatimukset.

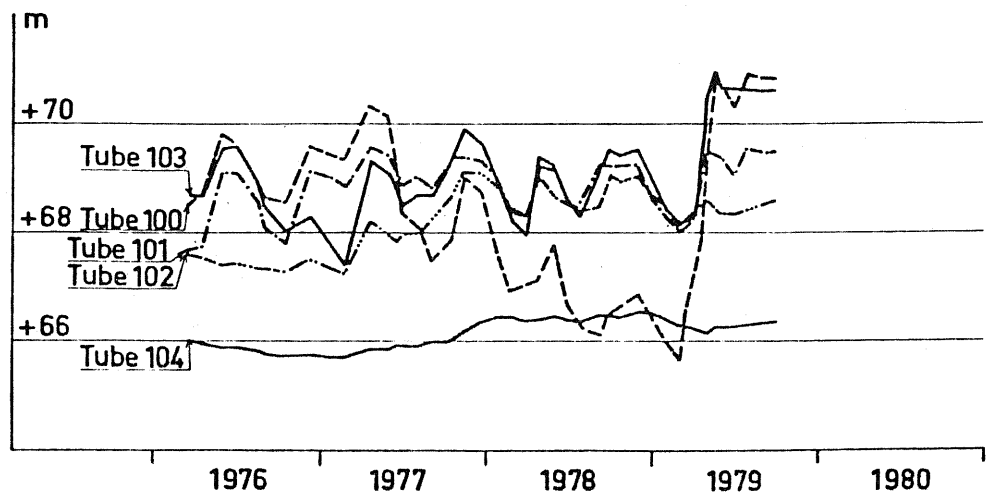
SALLITUT VUOTOVESIMÄÄRÄT

Asutuilla alueilla joudutaan kalliotiloille määräämään sallitut vuotovesimäärät ympäristöhaittojen estämiseksi. Sallitut vuotovesimäärät ovat asutuilla alueilla yleensä hyvin peiniä, joten rakennuttajan on kunnolla varauduttava suoritamaan laajamittaisia tiivistystöitä. Tiiveysvaatimusten syyinä voi olla myös käytönaikaiset vuotovesistä johtuvat kustannukset, kuten esim. viemäritunneleissa puhdistamojen yläpuolisilla osilla. Vaikkei ympäristöriskejä olisi olemassakaan, on selvää, että kuivaan käyttöön tuleviin kalliotiloihin ei saa vuotaa kohtuuttomasti pohjavesiä, koska ne on pumputtava yleensä pois. Joissakin tapauksissa voidaan kalliotiloihin vuotanut vesi johtaa pois painovoiman avulla.

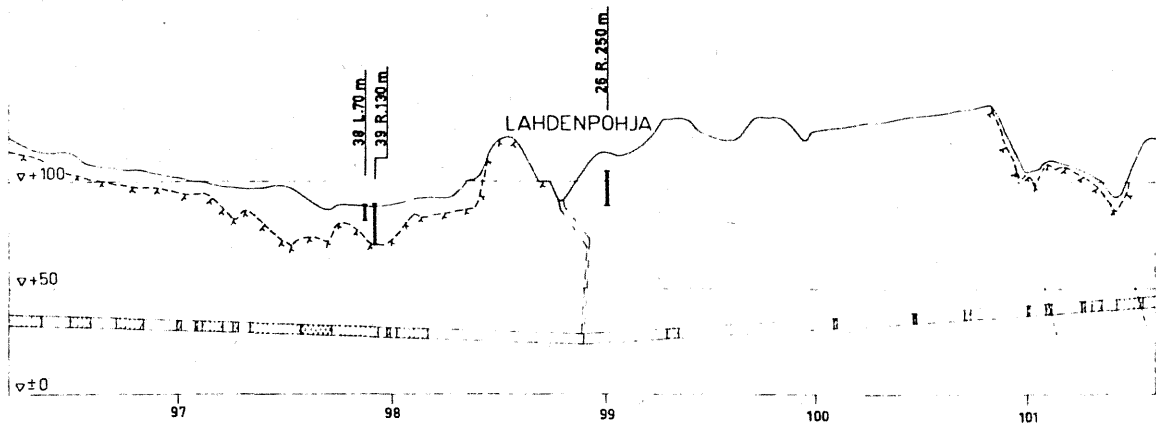


Kuva 1. Päijänne-tunnelin Korpimäen kuiluosuuden pituusleikkaus, johon merkitty havaintoputkien sijainti. Havaintoputkessa pl:lla 30,3, tunnelista 40 m vasemmalle tapahtui pohjavesipinnan laskua rakennusaikana tunnelissa pl:lla 30,1 olleen vesivuodon (120 m³/24 h) seurauksena. Selityksiä:

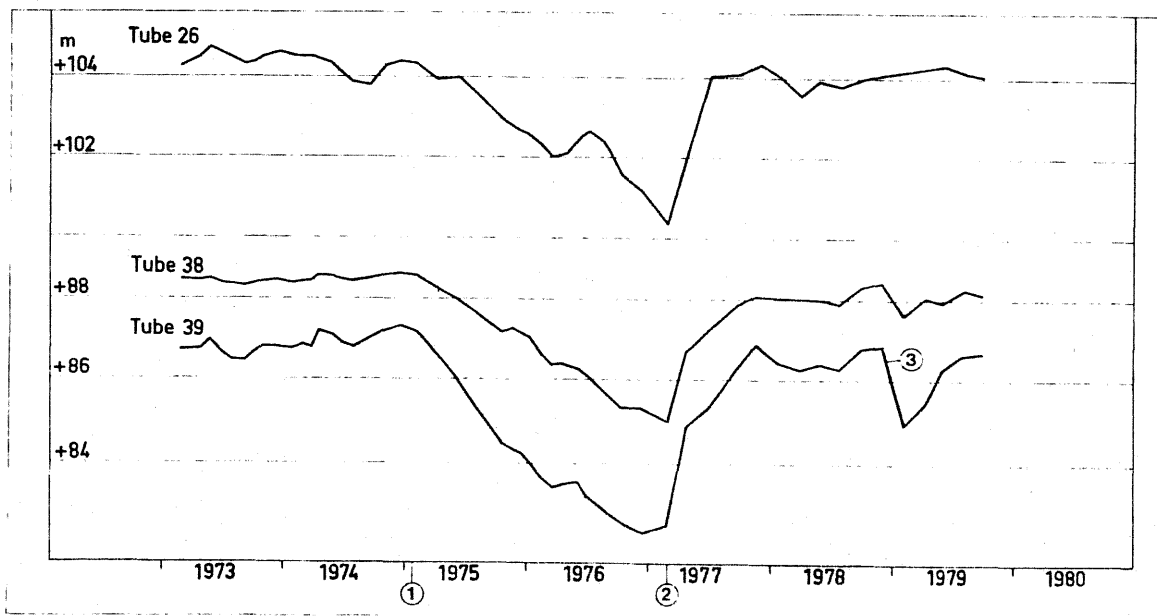
1. Pohjaveden havaintoputki
L 40 = vasemmalle 40 m
R 350 = oikealle 350 m
2. Ruiskubetonoitu ruhjealue. Vettä vuotavan ja rapautuneen vyöhykkeen kaade (n. 10⁰) merkitty.
3. Vuotovesimäärä, mittakaava (m³/24 h) vasemmassa reunassa
4. Maanpinta
5. Kallionpinta



Kuva 2. Pohjavesikäyriä Korpimäen kuiluosuudelta II rakennusjaksolla. Tunnelin louhinta alkoi kesäkuussa v. 1976 ja tunneli täytettiin vedellä maaliskuussa v. 1979. Paalulla 30.1 oleva vuoto (ks. kuva 1) aiheutti pohjavedenpinnan laskua havaintoputkessa n:o 100. Pohjavedenpinta nousi kuitenkin nopeasti tunnelin täytön jälkeen. Painetaso on tunnelissa ollut n. +79 toistaiseksi, mutta käytön alettua v. 1982 paine tunnelissa laskee tasoon n. +43.



Kuva 3. Päijänne-tunnelin Lahdenpohjan kuiluosuus Hollolan ja Asikkalan kunnissa I rakennusjaksolla. Kokonaisvuoto-vesimäärä $1000 \text{ m}^3/24 \text{ h}$. Kivi vasemmassa perässä pl. välillä 96.2-98.2 valtaosaltaan voimakkaasti rakoil-lutta ja erittäin rapautunutta graniittia ja tunneli jouduttu täällä lujittamaan ruiskubetonilla. Ruiskube-tonoidut tunnelin osat merkitty tunnelin kohdalle vi-noviivoituksella. Tällä alueella oli myös vesivuotoja ja pohjavesi aleni yläpuolisessa savi- ja moreenitäyt-teisessä altaassa, jossa havaintoputket 38 ja 39 ovat molemmiin puolin tunnelia. Havaintoputki n:o 26 on pie-nehkössä pohjavesialtaassa ajotunnelin yläpuolella.



Kuva 4. Pohjavesikäyriä Lahdenpohjan kuilualueelta. Selityk-siä:

1. Vuodot tunnelin perässä alkavat havaintoputkien n:o 38 ja 39 läheisyydessä.
2. Tunneli täynnä vettä tasoon +80.
3. Pohjavedenpinnan aleneminen, joka johtui tunnelin tyhjennyspumppauksesta tasoon +43.

TEEMAAAN LIITTYVIÄ SEKÄ LAITOSTEN
TMS. PUHEENVUOROJA

Matti Myllyvirta (Tuusulan seudun vesilaitos): Olen seurannut kokousta ihmetyksen vallassa, kuinka paljon Suomessa tutkitaan ja kuinka paljon täällä tiedetäänkään. Vedenhankkijan kannalta kiinnostaisi, olisiko mahdollista saada selvitetyn pohjaveden laadun muuttumisen voimakkuus tulevaisuudessa. On olemassa joitakin tutkimustuloksia, joiden pohjalta voi arvata, että kohta käy köpelösti, mutta ajanjakso huononemiseen on kuitenkin jo niin lähellä, että ei enää ehditä tehdä mitään. Mutta kun nyt taas yhdistetään vesihallituksen ja geologisen tutkimuslaitoksen voimavarat, niin tässä olisi yksi projekti selvittää pohjaveden laadun mahdollista pysyvyyttä ja muuttumista ja mikä siihen on syynä.

Jouko Soveri (Vesihallitus): Geohydrologiseen havaintoverkostoon liitetty oleellisesti tämä veden laadun seuranta. Olemme vuodesta 1975 lähtien seuranneet noin 20 eri parametria säännöllisesti kerran kuukaudessa. Jatkossa veden laatua seurataan joka toinen kuukausi. Tämä antaa melko tarkan kuvan tämän hetkisestä pohjaveden tilanteesta sekä siinä tapahtuvista vaihteluista. Tosin seurantajaksot ovat vielä lyhyitä (6-7 vuotta) laadun kehittymisen ennustamiselle, sillä minkäänlaisia trendejä ei vielä voida osoittaa. Tutkimuksen tarkoitus ja tavoite on pitkäaikainen seurantatyö. Tulevaisuudessa toivon mukaan pystytään antamaan jonkinlainen kuva tiettyjen aineiden osalta, miten ne kehittyvät ihmistoimintojen vaikutuksesta. Alustavasti voin sanoa viitaten vastaaviin ruotsalaisiin tutkimuksiin, että esim. pohjaveden pH on laskenut jonkin verran johtuen sulfaattilaskeumien lisääntymisestä. Tulevaisuuden ongelmana voidaan pitää lisäksi tyyppiyhdisteiden samoin kuin jossain määrin myös raskasmetallien lisääntymistä pohjavesissä.

Matti Myllyvirta (Tuusulan seudun vesilaitos): Vesihallitus liikkuu neitseellisellä alueella. Me otamme vettä raikatuilta alueilta. Virtausolosuhteiden ja pohjavedenpinnan vaihtelut ovat tietysti suurempia käytetyllä alueella kuin luonnontilaisella alueella. Kuinka tämä vaikuttaa ja kuinka nopeasti tällainen toiminta pilaa pohjaveden laatua, mitä se nähtävästi ilmiselvästi paikka paikoin ainakin tekee?

Ilkka Luotamo (SM/ympäristönsuojeluosasto): Meitä kiinnostaa tämä pohjaveden laatu ja sen muuttuminen. Olen katsellut satelliittikuvia, jotka on tehty sävyerottelulla. Kuvissa näkyy hienosti esim. Salpausselkä Hankoniemen kärjestä Hyvinkäälle asti. Pohjaveden muodostumisalueet ja arvokkaammat soraesiintymät sattuvat yksiin. Tässä mielessä tuli mieleen, että kun maaperäkartta valmistuu vuonna 2006, miten se sitten enää pitää paikkansa? Esim. Helsingin ympärillä on soran kulutusalue ehkä noin 50 km:n säteellä ja tahti kiihtyy koko ajan huolimatta siirtymisestä korvaavien materiaalien käyttöön. Miten tämä on otettu huomioon tuossa kartoituksessa ja pohjaveden laatua koskevissa ennusteissa?

Vilho Saari (Suomen Kaupunkiliitto): Meillä ei luonnollisestikaan ole varsinaisesti tämän itse tutkimuskysymyksen kanssa kovinkaan paljon tekemistä. Me olemme täällä kuuntelemassa ja saamassa vinkkejä. Ehkä tämä kartoitus ja myöskin geologinen kartoitus sivuaa mm. tässä kunnallisteknisessä piirustusmerkinnöissä ja tällaisissa. Siinä mielessä täytyy seurata, miten muissa virastoissa näissä merkinnöissä edetään.

Risto Lemmelä (Vesihallitus): Tämä merkintäasia on erittäin tärkeä juuri yhteisen kielen ja samasta asiasta puhumisen kannalta.

Laina Salonen (Säteilyturvallisuuslaitos): Olemme täällä lähinnä yleistietojen saamiseksi pohjavesiasioista, koska teemme pohjavesien radioaktiivisuustutkimuksia. Moreenikysymykseen emme pysty ottamaan kantaa.

Pekka Raudasmaa (Helsingin kaupunki/geotekn. os.) Meillä pohjavesiasiat eivät varsinaisesti liity vesihuoltoon, mutta muissa yhteyksissä niiden kanssa taistellaan. On puupaaluja, kaatopaikkoja, syviä kaivantoja ja tunneleita jne. Tässä oli mielenkiintoista tutkimustietoa VH:n geohydrologisista tutkimuksista. Toivottavasti tämä tieto tulee vuosijulkaisuihin, joista se sitten olisi luettavissa. Geologisen tutkimuslaitoksen kartoituksesta toteaisin, että pohjaveden pinnan korkeus on hyvin monipuolinen asia ajatellen esim. rakentamista, vaikea asia on saada selville esim. pohjaveden pinnan vaihtelurajat. Jos näitä olisi saatavissa, ne olisivat erittäin hyödyllisiä.

Nils Edelman (Åbo Akademi/Geologiska institutionen): Me tutkimme pääasiassa kallioperää, eikä minulla ole edellä esitettyihin esityksiin kommentteja.

TEEMA II

POHJAVESIEN GEOKEMIALLINEN JA KEMIALLINEN TUTKIMUS

5. POHJAVEDEN LAATUUN JA SEN TUTKIMUKSIIN LIITTYVIÄ
ERILLISAIHEITA

Puheenjohtaja: fil.lis. Juho Hyyppä

fil.kand. Pentti Noras ETT Kumpulaisen esitelmässä

Fil.maist. Matti Taka
Geologinen tutkimuslaitos

P O H J A V E S I E N H Y D R O G E O K E M I A L L I N E N K A R T O I T U S

Geologisen tutkimuslaitoksen maaperäosastolla aloitettiin vuonna 1978 koko maan kattava hydrogeokemiallinen kartoitus, joka tullaan näytteenoton osalta saamaan päätökseen kesällä 1982.

Tutkimuksen tarkoituksena on:

- Saada yleiskuva Suomen pohjavesien kemiallisesta koostumuksesta maan eri osissa, erilaisissa ilmasto-olosuhteissa, erilaisissa topografisissa ympäristöissä ja ennen muuta hankkia tietoja ympäristön geologian, niin maaperän kuin kallioperän vaikutuksesta, pohjaveden kemiaan. Tutkimus korostaa erityisesti pohjaveden hivenaineiden pitoisuuksien selvittämistä ja niiden riippuvuutta geologisista tekijöistä.
- Saada pohjatietoutta hydrogeokemiallisen malminetsinnän tarpeiksi ja parhaassa tapauksessa myös malminetsinnällisiä vihjeitä.
- Olla avuksi maaperäkartoitukseen liittyvässä pohjavesigeologisessa tutkimuksessa jo sinällään sekä verrattaessa kartoitettavan alueen olosuhteita laajempaan kokonaisuuteen. Suomen kartaston hydrogeologinen osa tulee paljolti perustumaan tähän tutkimukseen, samoin tekeillä oleva 1:500 000-mittakaavainen Euroopan hydrogeologinen kartta.
- Olla pohja-aineistona mm. kansanterveydellisissä tutkimuksissa selvitetessä käyttöveden suhdetta sairauksiin. Muina käyttömuotoina mainittakoon korroosiokysymykset.

NÄYTTEENOTTO

Näytteenottotiheys on kaksi näytettä peruskarttalehteä kohti (10 km x 10 km), mikäli alueelta on kohtuullisella tavalla näytteitä saatavissa. Näytteet kerätään luonnontilaisista lähteistä, lähdekaivoista, maaperän kuilukaivoista ja maaputkikaivoista sekä kalliopohjaveden osalta porakaivoista.

Näytepaikat valitaan siten, että ne edustavat mahdollisimman hyvin erilaisia maaperämuodostumia niiden esiintymissuhteessa. Aineistossa harjut ovat kuitenkin tärkeinä pohjavesimuodostumina jonkin verran korostuneet. Kalliopohjavesiverkon tiheys vaihtelee huomattavasti eri alueilla sillä porakäivöt ovat paikoin harvinaisia. Aineisto luokitellaan tietokonekäsittelyssä, joten näytepaikkakohtainen vinoutuma ei ole vakava haitta. Ihmistoiminnan aiheuttamaa kontaminaatiota pyritään näytepaikkojen valinnassa välttämään, mikä ei aina ole täysin mahdollista. Ihmistoiminnan vaikutus pyritään arvioimaan jo paikalla ja merkitään vesinäytekaavakeeseen (liite 1).

Näytteet otetaan, mikäli mahdollista suoraan lähteestä tai kaivosta. Porakaivoista saa näytteen suoraan vain erittäin harvoin, jolloin on tyydyttävä hanasta otettavaan näytteeseen. Tällöin lämpötila ja happipitoisuus yleensä kohoavat ja vesijohdon aiheuttama kontaminaatio on mahdollinen, varsinkin sinkin kohdalla.

KENTTÄMÄÄRITYKSET

Näytteenottaja merkitsee vesinäytekaavakkeelle maastotyyppin, akviferin maalajin ja tätä mahdollisesti peittävän maalajin, pohjavedenpinnan syvyyden ja kaivon kokonaissyvyyden sekä, mikäli mahdollista kaivon antoisuuden tai arvioi lähteen virtaaman sekä merkitsee ihmistoiminnan runsauden ja kaivon kunnon. Kaavakkeen sana "aluetekijä" tarkoittaa näytteenottopaikan sijaintia Litorinan ylimpään rantaan ja ylimpään merirajaan nähden.

Eräät pohjaveden fysikaaliskemialliset ominaisuudet muuttuvat nopeasti, joten veden lämpötila, pH, ominaissähkönjohtokyky, liuennut happi ja hiilihappo sekä redox-potentiaali mitataan näytepaikalla.

Raskasmetallianalyysiä varten otetaan 100 ml suuruinen näyte, joka suodatetaan membransuodattimella ja kestäväitetään liisäämällä 0.2 ml väkevää suprapur typpihappoa. Uraanianalyysiä varten suodatetaan samalla menetelmällä 0.5 l näyte ja kestäväitetään 1 ml:lla 10 % rikkihappoa. Muuta analyysiä varten otetaan 1 l:n vesinäyte.

LABORATORIOANALYSOINTI

Laboratoriossa analysoidaan vesinäytekaavakkeessa olevat dimensiot, paitsi, että on katsottu tarpeettomaksi pH:n ja sähkönjohtokyvyn uusintamittaus, joista on luovuttu. Nitriitti mitataan vain jos sen esiintymiselle katsotaan olevan edellytyksiä. Fosfaatin analysoinnista on luovuttu. Analyysit tehdään geokemian osastolla atomiabsorptiospektrofotometrillä useimpien ionien kohdalta, uraani (puuttu vesinäytekaavakkeesta) analysoidaan kemiallisesti myös geokemian osastolla, osa analysoidaan maaperäosaston vesilaboratoriossa konventionaalisin menetelmin.

AINEOSTON KÄSITTELY

Hydrogeokemiallisen kartoituksen aineisto on arkistoitu tietokoneelle ja sille on laadittu monipuolinen ohjelma. Ohjelma mahdollistaa mm. aineiston luokittelun havaintopaikan, kallioperän, maalajin jne. mukaan, joita voidaan käyttää joko yksinään tai kombinaationa aineiston käsittelyssä.

Edellä kuvatuista joukoista tai koko aineistosta voidaan laskea ja graafisesti esittää mm. jakautumahistogrammeja, korrelaation sirontakuvioita, sekä erilaisia karttoja. Koko maa saadaan korkeintaan mittakaavassa 1:1 000 000 ja osaluoteita voidaan esittää 1:400 000-mittakaavassa normaalin karttajaan perusteella.

Maaperäosasto

No. pv 29/7 kk Karttalehti x-koord. Leveys y-koord. Pituus z-koord.Karttalehti Maunujärvi Kunta, kylä, tila Kittilä, Lehmielähti, IsotaloHavainto- tai näytepaikka

Tarkempi kuvaus

Vedenpinnan syvyys maanpinnasta (dm) Kaivon kokonaissyvyys (dm) Maaperän paksuus (dm) Vesimäärä (m³/vrk) Näytteenottotapa Kanaska

Lisätietoja

YMPÄRISTÖTEKIJÄT

Äluetekijä Aika- ja ilmastotekijä Maaperämuodostuma Maalajit Kallioperä Kivilajit

Lisätietoja

Ihmistoiminta Kaivon kunto

Lisätietoja

KENTTÄMÄÄRITYKSET

Väri Sameus

Lisätietoja

pH Sähkönjohtokyky, $\mu\text{S}/\text{cm}$ Mittausarvo 125, 105 °C Kennovakio 1.0Happi, O₂ % 7.2 mg/l Lämpötila (näytepaikalla) Redox, mV Mittausarvo +80 mVVapaa hiilihappo, CO₂, mg/l

Lisätietoja

Väri, mg Pt/l

<

pH

Sähkönjohtokyky, $\mu\text{S}/\text{cm}$

Haponkulutus

mval

Kokonaiskovuus

dH°

KMnO₄-kulutus

mg/l

Ammoniikki, NH₄

mg/l

Nitriitti, NO₂

mg/l

Nitraatti, NO₃

mg/l

Kloridi, Cl

mg/l

Fluoridi, F

mg/l

Sulfaatti, SO₄

mg/l

Fosfaatti, PO₄

mg/l

< Piidioksidi, SiO₂

mg/l

Kalsium, Ca

mg/l

Magnesium, Mg

mg/l

Natrium, Na

mg/l

Kalium, K

mg/l

Rauta, Fe

mg/l

Mangaani, Mn

mg/l

Sinkki, Zn

 $\mu\text{g}/\text{l}$

Kupari, Cu

 $\mu\text{g}/\text{l}$

Nikkeli, Ni

 $\mu\text{g}/\text{l}$

Lyijy, Pb

 $\mu\text{g}/\text{l}$ <

Kadmium, Cd

 $\mu\text{g}/\text{l}$ <

Fil.lis. Esa Rönkä
Vesihallitus/teknillinen tutkimustoimisto

KALLIOVESIEN LAATUHAVAINTOJA

Vesihallituksen kalliokaivotutkimuksen veden laatutiedot perustuvat kertanäytteisiin, joista on tehty laboratoriossa normaalit fysikaaliskemialliset määritykset. Tässä yhteydessä tarkastellaan muutamia tekijöitä, jotka vaikuttavat veden käyttökelpoisuuteen talousvetenä.

Koko aineiston perusteella laskettu pH:n keskiarvo on 6,8 (S = 0,6), mikä on 0,1-0,2 pH yksikköä korkeampi kuin vastaavasti maakerrostumissa. Havainnot jakaantuvat pH:n eri tasoille seuraavasti:

pH	havaintoja (%)	Luokan keskiarvo
≤ 6,0	11	5,8
6,1-7,0	50	6,5
7,1-9,0	39	7,5
Yht. 100 %		

Keskimääräinen Cl-pitoisuus on 20,8 mg/l (S= 36,7). Yli 100 mg/l on vain 10 kaivossa ja näistä yhdessä yli 400 mg/l. Rannikkoalueilta löytyy runsaasti käytöstä poistettuja kalliokaivoja, joissa suolapitoisuus on noussut kaivon liian suuren syvyyden tai liian runsaan veden oton vuoksi.

Fluoripitoisuuden keskiarvo on 0,6 mg/l (S=0,6). Rapa-kivialueen havaintojen keskiarvo on 2,0 mg/l (S=0,9). Pitoisuuksien mukaan koko aineisto jakaantuu seuraavasti:

Fluori (mg/l)	havaintoja (%)	Luokan keskiarvo mg/l
≤ 1,5	91,0	0,4
1,51-3,0	8,2	2,0
≥ 3,0	0,3	3,8
Yht. 100,0 %		

NH₄-N keskiarvo on 0,06mg/l (S=0,22). Pitoisuuksien mukaan havainnot jakaantuvat:

NH ₄ -N mg/l	havaintoja %	luokan keskiarvo mg/l
< 0,4	97	0,03
0,4-0,9	1,3	0,48
> 0,9	1,5	1,65
Yht. 100,0 %		

Rauta ja mangaani lienevät myös kalliopohjavedessä aineita, jotka eniten rajoittavat sen käyttöä vedenhankintaan. Keskimääräinen rautapitoisuus on 1,0 mg/l (S=2,1). Lääkintöhallituksen antamien pitoisuusrajojen suhteen havainnot jakaantuvat seuraavasti:

Fe (mg/l)	havaintoja (%)	luokan keskiarvo mg/l
< 0,3	60	0,1
0,31-1,0	19	0,6
> 1.0	21	3,7
Yht. 100 %		

Keskimääräinen mangaanipitoisuus on 0,24 mg/l (S=0,62) ja havainnot jakaantuvat likimäärin samoin kuin raudalla;

Mn (mg/l)	havaintoja (%)	luokan keskiarvo mg/l
< 0,1	54	0,03
0,11-0,5	36	0,24
> 0,5	10	1,34
Yht. 100 %		

Koska magnesiumin terveydellistä merkitystä hivenaineena on paljon tutkittu, voidaan tässä todeta magnesiumin alueellinen pitoisuus kalliopohjavesissä:

- Savon alue	7,6 mg/l	(S=5,2)
- Keski-Suomi ja Etelä-Pohjanmaa	6,8 mg/l	(S=4,5)
- Helsingin ympäristö	4,5 mg/l	(S=3,2)
- Lounais-Suomi (Vehmaa)	10,8 mg/l	(S=6,0)

Kadmium-, lyijy-, nikkeli- ja kuparipitoisuudet ovat hyvin pieniä ja kaukana lääkintöhallituksen suosittelemista rajoista. Sinkkipitoisuuksista löytyy korkeitakin arvoja, jotka ovat peräisin vesijohdoista:

Zn (mg/l)	havaintoja (%)	luokan keskiarvo (mg/l)
< 1,0	89	0,16
1,1-3,0	8	1,60
> 3,0	3	4,27
Yht. 100 %		

Juomaveden radioaktiivisuudesta annetut pitoisuusrajat ovat yleensä hyvin varovaisia, tai niitä ei ole ollenkaan. WHO:n sekä Euroajan että kansainvälisissä standardeissa on raja vain kokonais α :lle 3 pCi/l, jonka jälkeen radioaktiivisuus on tutkittava. Suomen kalliopohjavesissä kokonais α pitoisuuden 3 pCi/l aiheuttamiseen tarvittava uranimäärä on mitättömän pieni eikä näin ollen aiheuta terveydellistä riskiä (Matti Asikaisen suullinen tiedonanto).

Pyrittäessä tehostamaan haja-asutuksen vedenhankintaa kalliopohjavedellä, on ensisijainen tutkimus- ja kehittäelykohde olemassa olevia yksinkertaisemman ja taloudellisemman raudan ja mangaanin poistoyksikön kehittäminen. Kehittelyssä tarvitaan aina kekseliäisyyttä.

Fil.lis. Juho Hyyppä
Geologinen tutkimuslaitos

G E O L O G I S T E N E R I T Y I S O L O J E N V A I K U T U S
P O H J A V E D E N L A A T U U N

Geologisilla erityisoloilla tarkoitetaan tässä yhteydessä alueita, joissa kallioperän kemialliset ja mineralogiset koostumukset poikkeavat merkittävästi maamme kallioperän keskiarvokoostumuksista. Lisäksi käsitellään kemialliselta koostumukseltaan poikkeavia pohjavesiä, joiden geologista taustaa ei ole täysin selvitetty.

KAIVOSVEDET

Taulukossa 1 on esitetty esimerkkejä kaivoksista otettujen vesinäytteiden raskasmetalli- ja sulfaattipitoisuuksista sekä happamuudesta. Ko. kaivoksissa malmimineraalit ovat pääasiassa sulfidimineraaleja. Tarkasteltaessa kaivosvesien pH-, rauta- ja sulfaattipitoisuuksia voidaan todeta Pyhäsalmen kaivoksen kahden ja Keretin kaivoksen yhden näytteen rauta- ja sulfaattipitoisuudet (90-260 mg/l Fe, 3200-5000 mg SO₄/l) sekä vetyionimäärät (pH 3,0-4,1) olevan huomattavasti suurempia kuin muiden näytteiden vastaavat pitoisuudet, jotka olivat sulfaatin osalta paria poikkeusta lukuunottamatta alueella 100-1000 mg/l ja raudan osalta < 7,5 mg/l. Metsämöntun näytteiden pH-luvut olivat 5,7 ja 6,7, mutta muut vedet olivat lähes neutraaleja tai emäksisiä. Kaivos-ten lähiympäristöistä otetuissa pohjavesinäytteissä oli sulfaatin maksimi-arvo 100 mg/l ja mediaaniarvot olivat 8,5-30 mg/l. Edellä esitetyt kaivosvesien sulfaattipitoisuudet ovat siten selvästi anomaalisia.

Taulukossa 2 on esitetty kaivoksista louhitun malmin keskimääräiset rikkipitoisuudet ja niistä otettujen vesinäytteiden sulfaattipitoisuuksien maksimi-arvot. Suurimmat sulfaattipitoisuudet olivat yleensä ylimmiltä tasoilta otetuissa näytteissä. Kaivosvesien ja malmien rikkipitoisuuksilla havaitaan olevan keskinäistä riippuvuutta.

Taulukko 2. Kaivoksista louhitun malmin ja kaivosvesien rikkipitoisuudet.

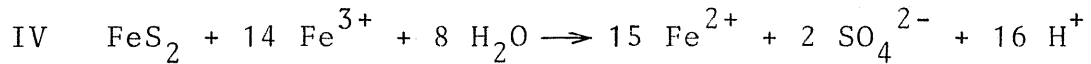
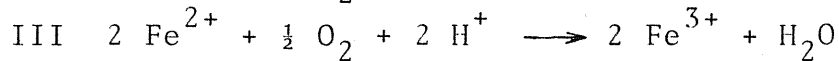
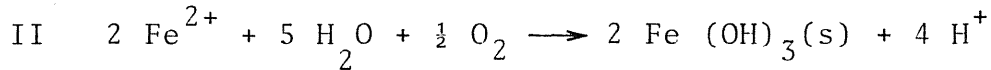
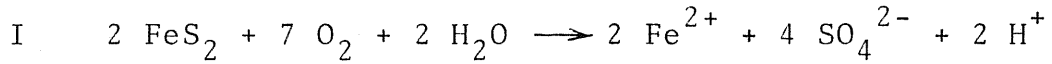
Kaivos	Louhitun malmin S-pitoisuus %	Veden SO ₄ -pitoisuus mg/l
Pyhäsalmi	35	5000
Keretti	25	4000
Lampinsaari	18	900
Metsämönttu	13	880
Luikonlahti		540
Hällinmäki	1,5	320
Kotalahti		300
Hammasslahti	3,8	150
Vuonos, Ni-malmi	2-3	110

Taulukko 1. Kaivoksista otettujen pohjavesinäytteiden raskasmetalli- ja sulfaattipitoisuudet.
Table 1. Heavy metal and sulphate concentrations of ground water of sulphide ore mines.

Näytteenotto paikka Sampling site	Syvyys Depth m	pH (lab)	µg/l							mg/l			
			Pb	Cu	Zn	Cd	Hg	Ni	Co	Cr	Fe	Mn	SO ₄
Kaavi,	5	7,2	< 1	4,5	20	3,2		50	6	5	0,5	0,07	120
Luikonlahti	65	7,0	< 1	25	340	1,0		1,7·10 ³	700	11	4,1	0,85	540
	445	7,9	< 1	6	3	0,5		< 1	1	3,5	0,30	0,06	38
Kisko,	60	5,8	4	24	44·10 ³	200		10	26	7,5	0,02	2,2	500
Metsämonttu	135	6,7	5	26	59·10 ³	200		20	32	14	0,03	3,2	880
	190	8,7	< 1	< 1	2	1,8		< 1	< 1	2	0,02	0,002	20
Leppävirta,	150	6,9	7,5	9,5	60	0,9	< 1 (700 m)	80	24	4	4,7	0,45	300
Kotalahti	400	7,1	< 1	21	40	6,7		< 1	10	6	0,4	0,07	26
Outokumpu,	320	8,1	3	20	250	1,5		26	3,5	2,5	0,05	0,10	850
Keretti	320	4,1	< 1	20	3,1·10 ³	3,1		2,3·10 ³	1,9·10 ³	2,5	220	4,8	4400
Outokumpu,	10	6,9	< 1	2,6	170	1,3	< 1 (160 m)	400	22	1	0,8	0,28	110
Vuonos	220	9,3	< 1	1	15	1,8		< 1	< 1	< 1	0,01	0,01	2,3
Pyhäsalmi	150	3,1	60	2,5·10 ³	230·10 ³	400	0,2	600	500	40	90	13	3200
	210	3,0	35	100·10 ³	1070·10 ³	1300	0,3	500	900	30	260	25	5000
	500	7,2	16	100	2,4·10 ³	4,7	0,5 (250 m)	< 1	3,7	10	0,2	0,6	630
Pyhäselkä,	40	6,7	< 1	12	200	1,3		200	11	5,5	7,5	0,4	180
Hammastahti	60	7,9	< 1	11,5	8	1,4		5	6,5	7,5	0,06	0,26	150
	230	8,4	< 1	2	7	0,6		< 1	1,5	1	0,20	0,03	8,8
Vihanti,	100	8,2	1	3	10	2,1	0,1	10	< 1	1,5	0,2	0,02	310
Lampinsaari	200	7,5	2	17	30	3,2	0,1	< 1	< 1	12	0,6	0,23	770
	250	7,7	< 1	20	10	1,3	0,1	< 1	< 1	12	0,05	0,05	900
Virtasalmi,	60	6,9	2,5	45	10	2,4		3	6,7	4,5	0,03	0,09	130
Hällinmäki	110	7,1	2	19,5	1	11		< 1	39	11	0,03	0,9	320
	170	6,8	< 1	8	5	3,5		< 1	23	6	2,8	0,55	120

118

Pyhäsalmen malmi, joka on rikki-pitoisinta, on pääasiassa pyriittiä. Pyriitin hapettumista on kuvattu (Stumm and Morgan 1970) seuraavasti:



Kiisujen liukeneminen kaivosvesiin on tapahtunut yleensä yhtälöiden I ja II mukaan, koska niissä vesien rautapitoisuudet ovat melko vähäiset ja pH lähes neutraali (taulukko 1). Pyhäsalmen vesissä on tapahtunut kuitenkin myös yhtälöiden III ja IV mukaiset reaktiot ainakin jossain määrin, koska niihin on liuennut runsaasti rautaa ja ne ovat erittäin happamia. Reaktiota III katalysoi bakteeri *Thiobacillus ferro-oxidans*. Kun veteen muodostuu ferri-ioneja ja sen pH on erittäin hapan, nopeutuu pyriitin liukeneminen huomattavasti.

Pyhäsalmen happamissa vesissä oli eniten ja erittäin runsasti sinkkiä ja kuparia. Nikkeli-, koboltti- ja magnesiumpitoisuudet olivat suurimmat Keretin happamassa (pH 4,1) vedessä. Kuparia siinä oli vain muutamia promilleja Pyhäsalmen vesien maksimipitoisuudesta, vaikka Pyhäsalmen malmin Cu-pitoisuus on kymmenesosa Keretin malmin 4 %:n Cu-pitoisuudesta. Pyhäsalmen happamien vesien nikkeli- ja kobolttipitoisuudet ovat myös suurehkot, vaikka malmissa on kobolttia vain 50 ppm ja nikkeliä 30 ppm.

Metsämontun loppuun käytetyn sinkki-lyijymalmin alueella vesissä oli sinkkiä peräti 44-59 mg/l ja sinkkivälkkeestä peräisin olevaa kadmiumia 200 µg/l. Malmin suuri lyijypitoisuus, 1,16 %, ilmenee vedessä 4-5 µg/l:n pitoisuutena. Kaivosvesien suurin fluoripitoisuus, 2,2 mg/l, oli Metsämontun alueelta otetussa näytteessä.

Vihannin kaivoksella vesien kemiallinen koostumus poikkeaa monessa suhteessa edellä esitetyistä. Lampinsaaren kaivoksen sinkkimalmissa on runsaammin sinkkiä kuin muissa kaivoksissa (6,96-11,63 %), mutta vesien sinkki- ja kadmiumpitoisuudet olivat niukat. Lampinsaaren kaivoksen vesinäytteissä oli, päinvastoin kuin muualla, alimmalla korkeustasolla suurin sulfaattipitoisuus (900 mg/l). Melko suurista sulfaattipitoisuuksista huolimatta ko. vesien pH-arvot olivat 7,5-8,2. Edellä mainittuihin ominaisuuksiin on syynä malmin ympäristön karbonaattikivet. Niiden vaikutuksesta kalsiumia oli vesissä 310-369 mg/l. Piihappopitoisuudet olivat maamme pohjavesien keksimääräisiin pitoisuuksiin nähden kaksinkertaiset. Lisäksi Lampinsaaren kaivoksen vesissä oli enemmän fosfaattia kuin muissa kaivoksissa (mediaaniarvo 0,17 mg/l). Kaivoksen ympäristön pohjavesissä oli fosfaattia keskimäärin 0,13 mg/l.

Luikonlahden malmin Co-pitoisuus on 0,1-0,15 % ja vesien vastaava maksimipitoisuus oli 0,7 mg/l. Malmassa on nikkeliä vähemmän kuin kobolttia, mutta alueen vesissä oli tilanne päinvastoin.

Vuonoksen ja Kotalahden nikkelikaivoksissa, joissa malmin Ni-osuudet ovat 0,2 ja 0,7 %, olivat vesinäytteiden suurimmat nikkelipitoisuudet 400 ja 60 µg/l eli huomattavasti pienemmät kuin Pyhäsalmen, Keretin ja Luikonlahden näytteissä.

Virtasalmen Cu-kaivoksessa (0,7-0,8 % Cu) tärkeimmät malmimineraalit ovat kuparikiisu ja kubaniitti. Vedessä kuparin maksimipitoisuus oli 45 µg/l eli suurempi kuin esim. Keretin vedessä.

Jos verrataan kaivosvesien raskasmetallipitoisuuksia lääkintöhallituksen talousvedelle asettamiin myrkyllisten aineiden suurimpiin sallittuihin pitoisuuksiin, ylittää lyijypitoisuus yhdessä ja kadmiumpitoisuus neljässä näytteessä ko. raja-arvot. Arseenin osalta asia jäi vielä tutkimatta. Pyhäsalmen kaivosvesissä kupari- ja sinkkipitoisuudet ylittivät talousveden käyttökelpoisuudelle asetetut sallitut enimmäispitoisuudet. Maamme kallioperän pohjavesissä on siis luonnonolosuhteissa varsin vähäinen mahdollisuus terveydelle vaarallisten aineiden olemassaoloon, koska kaivosvesiaineisto kuvaa ko. aineiden esiintymiselle poikkeuksellisen otollisia olosuhteita. Malmikivijätekasojen ympäristössä, varsinkin jos aines on vielä hienorakeista, pohjaveteen voi kuitenkin liueta mineraaliaineksesta peräisin olevia raskasmetalleja paljon enemmän kuin kaivoksissa kallioperän raoissa.

Kaivosten ympäristöjen pohjavesinäytteissä (230 näytettä) oli ainoastaan yhdessä näytteessä raja-arvoa enemmän raskasmetallia ja se oli kadmiumia.

POHJAVESIEN ELOHOPEAPITOISUUS

Geologinen tutkimuslaitos on tutkinut pohjavesien elohopeapitoisuutta syksyllä 1968 lähinnä Kaakkois-Suomen ja Laitilan rapakivialueiden kalliokaivoista otetuista näytteistä. Lisäksi otettiin muutamia pohjavesinäytteitä Pyhäsalmen, Savukosken Soklin, Sodankylän Vuotson ja Kittilän Sirkan alueilta. Analyysitulokset on esitetty taulukossa 3. Määritykset on tehty radiokemiallisella substökiömetrisellä menetelmällä kansanterveyslaitoksen laboratoriossa.

Taulukko 3. Pohjavesien elohopeapitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) vuonna 1968 suoritetuissa tutkimuksissa.

Alue	Näyte määrä	Hg $\mu\text{g/l}$		
		Mediaani	Min.	Max.
Kaakkois-Suomen rapakivialue				
Kallioporakaivot	30	0,4	0,1	4,1
Maakaivot ja lähteet	9	0,3	0,1	3,8
Laitilan rapakivialue				
Kallioporakaivot	27	0,1	0,1	2,1
Pyhäsalmi				
Kaivovedet	2		0,7	1,2
Savukoski, Sokli				
Kairanreikä	1		0,4	
Sodankylä, Vuotson ympäristö				
Kaivot	3		0,8	1,9
Pintavedet	3		0,3	0,7
Kittilä, Sirkka				
Vanha kaivoskuilu	1		0,1	
Kallioporakaivot	2		< 0,1	

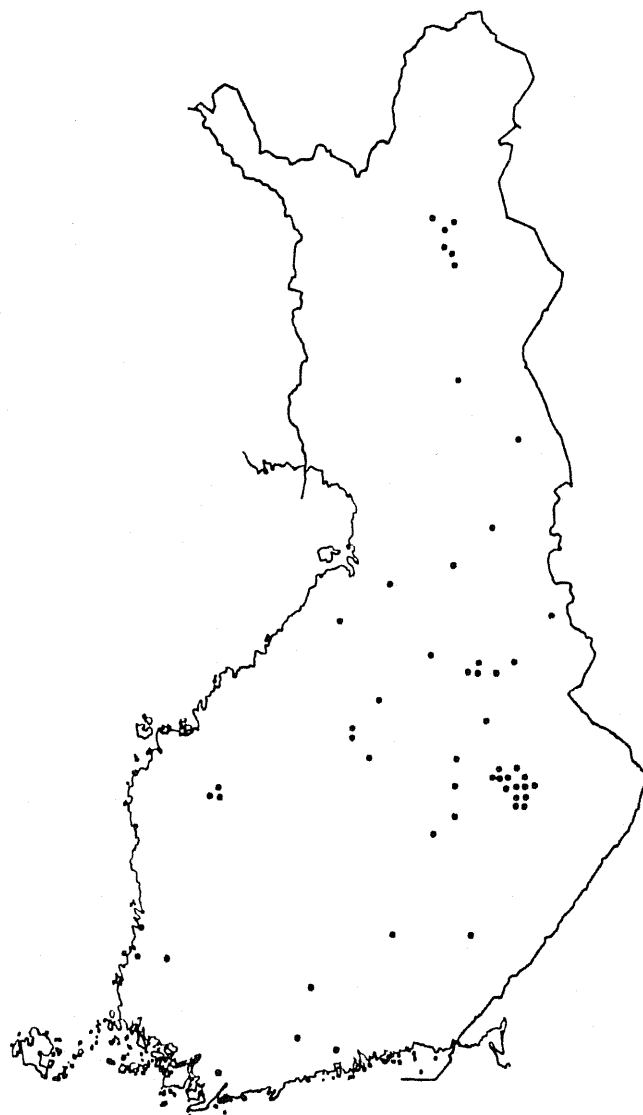
Vuoden 1968 tutkimuksissa oli siis Kaakkois-Suomen rapakivialueen pohjavesissä enemmän elohopeaa (mediaanipitoisuudet 0,3 $\mu\text{g/l}$ ja 0,4 $\mu\text{g/l}$) kuin Laitilan rapakivialueella (mediaanipitoisuus 0,1 $\mu\text{g/l}$).

Vuosina 1979-1981 on jatkettu pohjavesien ja jossain määrin aloitettu kalliooperän elohopeatutkimuksia. Tutkittujen vesinäytteiden lukumäärät ja elohopeapitoisuuksien jakaumat on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Pohjavesien elohopeapitoisuudet vuosina 1979-1981 otetuissa näytteissä.

Pitoisuus $\mu\text{g/l}$	1979	1980	1981	Näytteitä yhteensä
< 0,1	59	53	101	213
0,1	15	53	18	86
0,2	4	13		17
0,3	2	4	2	8
0,4			2	2
0,5		1	1	2
	80	124	124	328

Näytteet on otettu sulfidimalmialueelta, tektonisten näkökoh-
tien mukaan sekä seuduilta, missä vesihallituksen tutkimuksis-
sa todettiin elohopean maksimipitoisuudet (kuva 1). Muutamis-
ta paikoista on otettu näytteitä kaksi tai kolme kertaa eri
aikoina.



Kuva 1. Pohjavesinäytteiden ottopaikat tai ottoalueet vuosi-
en 1979-1981 elohopeatutkimuksissa.

Suurimmat elohopeapitoisuudet löytyivät seuraavista paikois-
ta otetuissa vesinäytteissä:

Pyhäsalmi, kaivos	1980	0,5 µg/l
Seinäjoki, Syrjämä, kairausreikä	1981	0,5
Seinäjoki, Pajuluoma, -"-	1981	0,4
Seinäjoki, Pajuluoma, -"-	1981	0,4
Virtasalmi, Tenhola, kaivo	1980	0,4
Sodankylä, Vuotso, kaivo	1980	0,3
Sotkamo, Talvivaara, kaivo	1979	0,3

Sotkamo, Talvivaara, kaivo	1980	0,3 µg/l
Kaavi, porakaivo	1980	0,3
Pyhäsalmi, kaivos	1981	0,3
Seinäjoki, Kalliosalo kairausreikä	1981	0,3

0,2 µg/l:n elohopeapitoisuuksia oli useissa Sotkamon Talvivaaran alueen näytteissä, Kuopion ympäristössä, Lokan altaan ympäristössä ja Askolan seudun uraanipitoisessa vedessä sekä Pyhäsalmen kaivoksen vedessä.

Vihannin kaivoksen vesissä Hg-pitoisuudet olivat vain 0,1 µg/l, vaikka tutkittujen sinkkivälkemineraalien Hg-pitoisuudet olivat 1900-2300 ppm ja malmin Hg-pitoisuus on n. 100 ppm:n suuruusluokkaa. Kun maankuoren keskimääräinen Hg-pitoisuus on n. 0,05 ppm, ovat Vihannin kaivoksen elohopeamäärät todella anomaalisia. Sotkamon Talvivaaran malmiaineksessä on elohopeaa 29 määrittelyn mukaan 0,2-4,3 ppm. Lokan altaan lounaispuolella Maaselän alueelle tehdyn kairausreiän Cu-pitoisista näytteistä määritetyt Hg-pitoisuudet olivat 0,9-2,0 ppm.

Seinäjoen antimoni-, tina- ja kultamineraalisaatioalueen kairausrei'istä otetuissa näytteissä oli eniten elohopeaa, vaikka malmialueen kallioperänäytteiden elohopeapitoisuudet ovat tähän mennessä suoritettujen määrittelysten mukaan olleet jopa alle maankuoren keskipitoisuuden eli 5-42,5 ppb. Kallioperän suurin Hg-pitoisuus on määritetty kultarikkaasta näytteestä. Seinäjoen tutkimusalueen vesien Hg-pitoisuuden alkuperä on vielä epäselvä. Sen vuoksi on käynnistetty jatkotutkimukset alueen malmimineraalien elohopeapitoisuuksien määrittämiseksi. Seinäjoen kaupungin läheisyydellä saattaa olla myös vaikutusta elohopean esiintymiseen ympäristön pohjavesissä. Pyhäsalmen malmin kuparirikasteessa on elohopeaa 12 ppm, sinkkirikasteessa 75 ppm ja pyriittirikasteessa 4 ppm (Helovuori 1979), joten elohopean esiintymiselle siellä kaivosvesissä on selityksensä.

Vuosien 1979-1981 elohopeatutkimuksissa ei todettu siis yhdessäkään vesinäytteessä lääkintöhallituksen normien ylittäviä Hg-pitoisuuksia, kun taas n. 10 vuotta aikaisemmin suoritetuissa tutkimuksissa ko. pitoisuuksia oli muutamissa Kaakkois-Suomen rapakivialueen pohjavesinäytteissä.

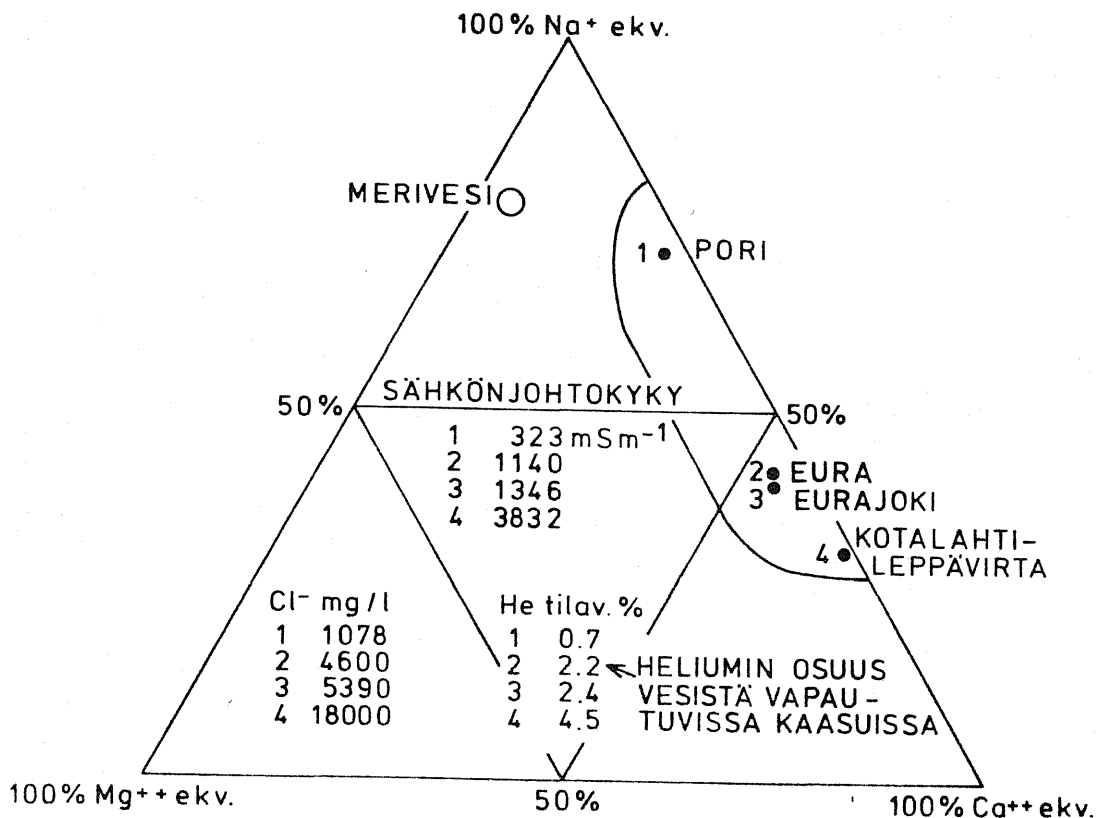
KALLIOPERÄN HELIUMPITOISET, SUOLAISET VEDET

Maamme pohjavedet ovat yleensä bikarbonaattivesiä. Niiden ominaissähkönjohtokyvyt ovat 5-50 mSm⁻¹. Maamme kallioperässä on kuitenkin paikoin pohjavesiä, joiden ko. johtokyky on > 100 mSm⁻¹ ja niiden sisältämät anionit ovat pääasiassa kloori-ioneja. Näitä vesiä on muutamissa tutkimuksissa pidetty Litorinameren veden jäänteinä.

1960-luvulla tutkin alustavasti Eurassa ja Eurajoella kairattuja kalliokaivoja, joiden vesi oli poikkeuksellisen suolaista ja joista kupli erittäin typpipitoista kaasua. Eurajoen kaasusta määritettiin myös helium. Sen määräksi saatiin 2,3 tilavuusprosenttia (Hyyppä 1963, 1966).

Viime vuosina on jatkettu edellä mainittujen vesien sekä lisäksi mm. Kotalahden (Leppävirta) kaivoksen-700 m:n tasolta tehdyn 136 m:n syvyisen ja Porin ympäristön hiekkakiveen tehdyn 600 m:n syvyisen kairausreiän arteesisten, suolaisten vesien tutkimuksia.

Kuvassa 2 ja taulukossa 5 on esitetty vesien ja niistä vapautuvien kaasujen kemialliset koostumukset. Vesien sähkönjohtokyvyt ($323\text{--}3832\text{ mSm}^{-1}$) ovat 10-100 kertaiset maamme bikarboonaattivesien vastaaviin ominaisuuksiin verrattuna. Kalsiumin, magnesiumin ja natriumin keskinäiset määräsuhteet ovat niissä toisenlaiset kuin merivedessä ja maamme pohjavesissä yleensä. Kalsiumin osuus on jokaisessa näytteessä huomattavasti suurempi kuin merivedessä, ja mitä suolaisempi ko. vesi on, sitä suurempi on vedessä kalsiumin osuus ja kaasussa heliumpitoisuus. Satakunnan vesissä ovat kaasut varsin typpivaltaisia, mutta Kotalahden kaasussa oli metaania 49,9 % ja typpeä vain 43 %.



Kuva 2. Muutamien suolaisten vesien pääkationien ekvivalenttiset %-osuudet, sähkönjohtokyvyt, Cl^- -pitoisuudet ja vesistä vapautuvien kaasujen heliumpitoisuudet.

Taulukko 5. Suolaisten vesien ja niistä vapautuvien kaasujen kemiallisia analyysejä.

Vesianalyysit						
	Pori	Eurajoki		Eura	Kotalahti	
pH	8,24	6,78		6,75	7,78	
μScm^{-1}	3230	13460			38321	
Ca mg/l	180	1800		784	7500	
Mg	8,8	120		80,2	22	
K	1,1	19,9		35,0	16,8	
Na	540	1500		1010	4000	
Fe	0,05	0,11		0,16	26	
Mn	0,05	0,77		0,70	0,26	
HCO_3	87,2	64,1		103,7	90,8	
Cl	1078	5390		3124	18000	
SO_4	47	79		85	500	
F	0,72	1,0		0,77	0,34	
U $\mu\text{g/l}$		1		54	2,5	
Rn nCi/l	16,5	2,3		17,7	9,2	

Kaasuanalyysit 1)						
	Pori	Eurajoki		Eura		Kotalahti
		1965	1981	1963	1972	
N_2 tilav. %	96,0	95,7	92,65	98,83	90,0	43,0
O_2	1,7	2,0	1,41	1,11	7,6	1,0
Ar	1,5		1,12			0,7
He	0,7	2,3	3,74		2,2	4,5
CO_2	0,0		0,66	0,6	0,2	0,0
CH_4	0,0		0,42	0,06		49,9
C_2H_x	0,0		0,0			0,9

1) Kaasuanalyysit suoritettu Valtion teknillisessä tutkimuslaitoksessa, lukuunottamatta Euran vuoden 1972 analyysiä, joka on tehty Neste Oy:n tutkimuslaboratoriossa.

Vesinäytteistä määritettiin ko. vesien maanpinnalta pohjavedeksi suotautumisen keskimääräinen ajankohta niihin liuenneen hiilidioksidin avulla ^{14}C -menetelmällä. Euran kaivossa veden sähkönjohtokyky kuitenkin väheni vettä pumpattaessa niin voimakkaasti, ettei saatu riittävästi alkuperäistä suolaista vettä ^{14}C -määrittäystä varten. Eurajoen näytteessä oli tritiumia merkittävästi, joten ^{14}C -määrittäminen tehtiin sekoituneesta vedestä. Porin näytteessä ei ollut lainkaan tritiumia. Kotalahden vedestä ei saatu riittävästi talteen hiilidioksidia ^{14}C -määrittäystä varten, mutta vastaava ikämäärittäminen tehtiin metaanikaasusta. Taulukossa 6 on esitetty ikämääritysten tulokset, jotka ovat kuitenkin vielä alustavia. Korjauslaskuissa on oletettu, että pohjaveden liuottaman karbonaattimineraalin $\delta^{13}\text{C}$ on nolla. Porin ja Kotalahden kairausnäytteissä on karbonaattimineraaleja, joista voidaan suorittaa $\delta^{13}\text{C}$ -määrittäykset.

Taulukko 6. Näytteiden tritiumpitoisuudet, $\delta^{13}\text{C}$ - ja ^{14}C -määrittysten tulokset.

Näyte	^3H TU	$\delta^{13}\text{C}$	^{14}C -määrittäyksestä laskettu ikä
1. Pori, vesi	0	-18,48	20 000 \pm 700
2. Eura, vesi	40		
3. Eurajoki, vesi	24	-14,08	11 100 \pm 460
4. Kotalahti, vesi		-25,02	
kaasu		-45,61	38 600 \pm 2 800 \pm 2 100

Taulukossa esitetty ikämäärittäykset sekä vesien että kaasun osalta osoittavat, että tutkimuksen kohteena olevat vedet eivät olisi peräisin Litorinameren vedestä. Esim. Eurajoen sekoittumaton suolainen vesi on huomattavasti vanhempaa kuin 11 100 vuotta, koska tutkitussa vedessä oli mukana tritiumia 24 TU.

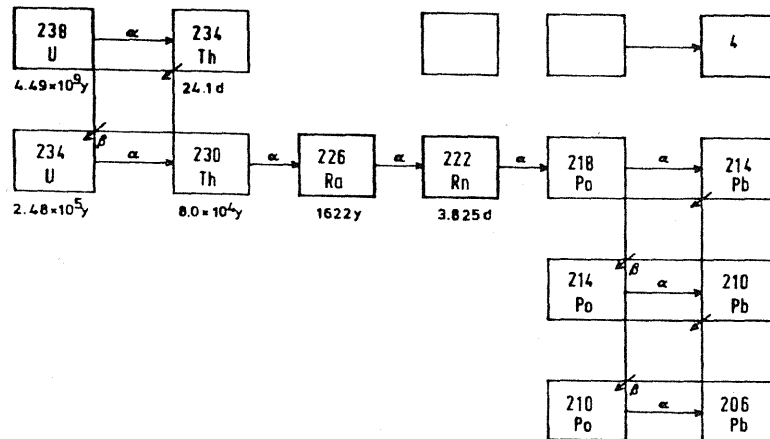
Porin veden hiilidioksidista määritetty ^{14}C -ikä 20 000 \pm 700 vuotta on likimain sama kuin Weichsel-jäätiköitymisen maksimivaiheeseen. Kotalahden kaivoksen metaanikaasun ^{14}C -ikä, 38 600 \pm 2 800, on taas samaa suuruusluokkaa kuin ns. Peräpohjolan interstaalivaiheeseen ikä (mm. Korpela 1969).

Ikäkysymysten tarkastelussa on jatkotutkimuksissa kiinnitettävä huomiota tutkituista vesistä vapautuneiden kaasujen heliumpitoisuuksiin. Ne ovat erittäin suuret verrattuna esim. ilman heliumpitoisuuteen ($5 \cdot 10^{-4}\%$). Uraanin ja toriumin radioaktiivisen hajaantumisen eri vaiheissa muodostuu ^4He -isotooppia. Tutkituista vesistä mitatut radon-kaasun ja myös uraanin määrät ovat kuitenkin verrattain pienet. Heliumia voi purkautua myös kallioperän erittäin syvälle ulottuvista murroskohdista. Heliumkaasuissa on ^3He - ja ^4He -isotooppeja alkuperän mukaan tietyissä suhteissa. Tulevaisuudessa on pyrittävä määrittämään ko. kaasuista myös monien muiden kaasujen stabiilien isotooppien määrasuhteita, mm. hapen, argonin ja neonin isotooppien määrittäykset ovat tärkeitä.

POHJAVESIEN URAANI- JA RADONPITOISUUKSISTA

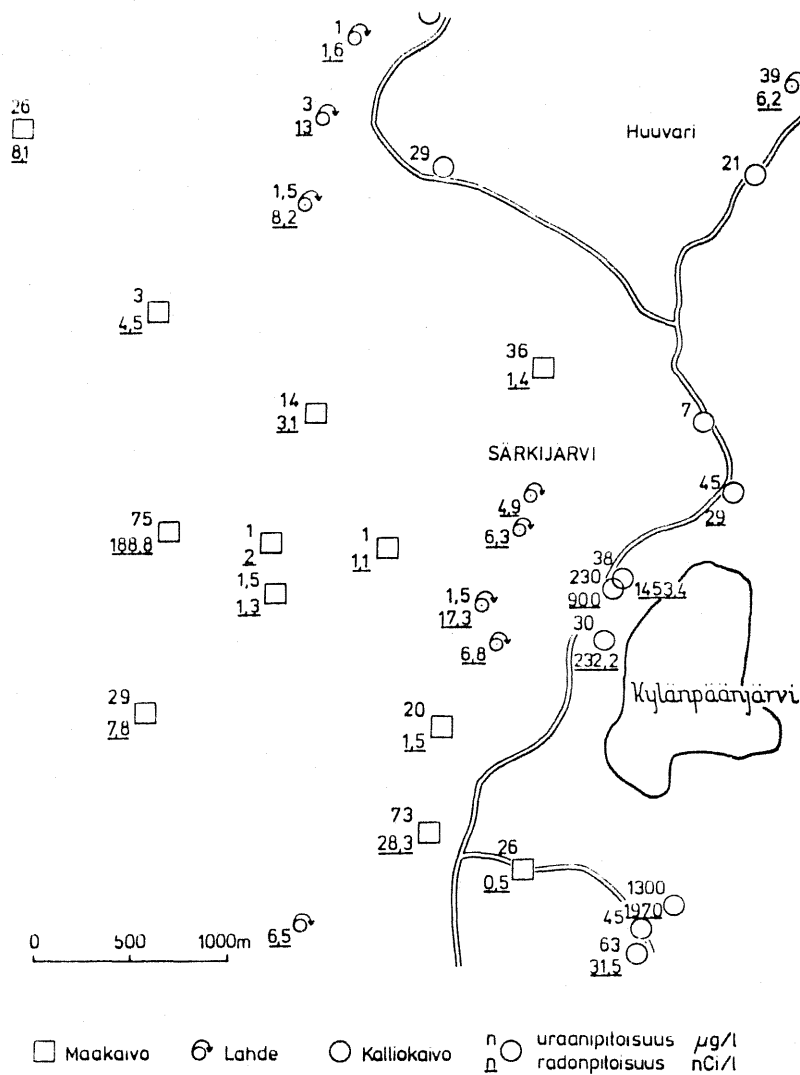
Maamme pohjavesissä on tavattu erittäin suuria uraani- ja radonpitoisuuksia. G. Aartovaara määrittä jo 1923 Helsingin keskustassa Malminkadun varrella olleen porakaivon uraani-pitoisuudeksi peräti 13,7 mg U/l (Aartovaara 1923). Myöhemmin ovat prof. Erämetän (1968) ja Säteilyturvallisuuslaitoksen (Kahlos ja Asikainen 1973) tutkimukset vahvistaneet Aartovaaran määrittäykset oikeiksi. Säteilyturvallisuuslaitoksen jatkotutkimuksissa on todettu erittäin uraani- ja radonpitoisia vesiä olevan kallioperässä nimenomaan Helsingin seudulla ja tietyillä alueilla Etelä-Suomessa.

Seuraavassa käsitellään geologisen tutkimuslaitoksen suorittamia pohjavesien uraani- ja radontutkimuksia Askolan seudulla, lähinnä muutamien esimerkein.



Kuva 3. Uraanin hajoamissarjan ytimet ja puoliintumisajat.

Kuvassa 3 on U-238:n hajoamissarja ja puoliintumisajat. Sarjan tärkeimmät radioaktiiviset ytimet pohjavesitutkimuksissa ovat U-238, U-234, Th-230, Ra-226 ja Rn-222. Myös toriumisarjan jäsenellä Ra-228:llä on merkitystä tulkittaessa vesinäytteiden uraani- ja radonpitoisuuden alkuperää. Hajoamissarjan isotooppien määräsuhteet eivät ole kuitenkaan pohjavesissä keskenään tasapainossa, kuten esim. rapautumattomissa kivissä. Esimerkiksi uraani- ja radonpitoisuuksien keskinäiset määräsuhteet olivat Askolan seudun pohjavesinäytteissä hyvin erilaiset (kuva 4). Kuitenkin radonin hajoaminen aiheuttaa ko. vesissä useimmiten voimakkaimman säteilyn. Askolan seudulla oli lähes joka kolmannessa kalliokainon vesinäytteessä radonia enemmän kuin 100 000 p. Ci/l. Kun lääkintöhallituksen julkaisemissa talousveden terveydellisissä laatuvaatimuksissa esitetään kokonaisalfasäteilyn raja-arvoiksi 3 pCi/l, on tietyillä alueilla otettava huomioon erityisesti runsaan radon-säteilyn esiintymisen mahdollisuus suunniteltaessa kallioperän pohjaveden käyttöä vesihuoltoon.



Kuva 4. Askolan Särkijärven alueen pohjavesien uraani- ja radonpitoisuudet vuosina 1976-1977 suoritetuissa tutkimuksissa.

Edellä esitetty uraanin hajoamissarjan ytimien keskinäinen epä-tasapaino pohjavesissä perustuu mm. uraanin ja radiumin erilaisiin kemiallisiin ominaisuuksiin. Uraani on erittäin liikkuva alkuaine maankamaraan pintaosissa, koska se liukenee pohjaveteen hapettavissa olosuhteissa kuusiarvoisina kompleksiyhdisteinä. Erityisesti karbonaattikompleksit ovat pysyviä laajalla pH-alueella. Pelkistyneissä olosuhteissa uraani saostuu mm. neliarvoisen uraanin oksidina. Uraani-ionit voivat adsorboitua erityisesti orgaaniseen ainekseen. Pohjavesissä on usein epätasapaino myös uraanin 234- ja 238-isotooppien aktiivisuuksissa. Kevyempi isotooppi esiintyy yleensä tasapainotilaa runsaampana pohjavesissä.

Radiumin liukenemiseen eivät redox-potentiaalin vaihtelut vaikuta. Radiumia on määrällisesti tavallisesti siksi vähän, etteivät edes pohjavesien normaalit sulfaattipitoisuudet aiheuta sen saostumista. Radiumilla on voimakas taipumus sitoutua ionivaihtoreaktioissa, kuten muutkin maa-alkalit, savimineraaleihin. Lisäksi se seuraa ja korvaa bariumia saostumissa ja kiteissä, sekä adsorpoituu Fe- ja Mn-oksidiin. Radium on hapettavissa olosuhteissa huomattavasti vähemmän mobiili alkuaine kuin uraani.

Edellä esitettyjä teoreettisia lähtökohtia valaisevat jos-sain määrin kahden Askolan Kylänpäänjärven ympäristöstä otetun vesinäytteen analyysitulokset (taulukko 7) ja niiden tulkinta.

Taulukko 7. Pohjavesinäytteiden analyysituloksia Askolan uraanitutkimuksista. 1)

	Näyte 1	Näyte 2		Näyte 1	Näyte 2
pH	7,6	6,9	Hg µg/l	0,2	1
O ₂ %		10	Cu	14	5,8
Redox mV	+210	+220	Pb	1,1	7,6
Sähk.joht.k. mSm ⁻¹	31,8	33,2	U	39	230
Na mg/l	70	69	²³⁴ U: ²³⁸ U	2,20	1,68
K	1,2	1,4	²²⁶ Ra pCi/l	7,0	3,9
HCO ₃	161	146	²²⁸ Ra	1,0	
Cl	31,6	46,4	²²⁶ Ra: ²²⁸ Ra	7	
F	2,0	2,4	²²² Rn nCi/l	1200	
SO ₄	19,0	14,0			
SiO ₂	10,1	10,1			

1) Radioaktiivisten isotooppien määritykset suoritettu Säteilyturvallisuuslaitoksessa.

Porakaivovesien analyysituloksista voidaan päätellä, että ko. vesissä hapetuspelkistysolosuhteet ovat uraanin liukene-misen ja saostumisen raja-alueella. Näytteessä 2 on selvästi enemmän uraania, vaikka redox-potentiaali on vain hiukan po-sitiivisempi kuin näytteessä 1. Porakaivovesien uraanipitoi-suus oli Askolan alueella (n = 65) keskimäärin 25 µg/l, jo-ten näytteiden 1 ja 2 uraanipitoisuudet olivat keskimääräis-tä suuremmat, mutta maksimipitoisuutta, 2 300 mg/l, huomattavasti pienemmät.

Radiumpitoisuudet ovat ko. vesissä maamme uraanipitoisten vesien keskiarvotason, mutta radon-kaasusta lähtevä säteily oli molemmissa näytteissä poikkeuksellisen voimakasta.

Todennäköisesti ko. kaivojen lähialueella on uraaniminerali-saatio, josta on liuennut ja liukenee paikoin ehkä runsaasti uraania, joka on saostunut sitten osaksi mm. kaivoalueella.

Uraanimineralisaation olemassaoloa osoittaa myös ^{226}Ra :n ja ^{228}Ra :n aktivisuuksien suuri suhdeluku (7).

Näytevesien muita erityispiirteitä ovat natrium- ja kaliumpitoisuuksien suuri suhdeluku (50-60), suuri fluoripitoisuus ja vähäinen piihappopitoisuus.

KIRJALLISUUTTA

- Aartovaara, G. 1923. Radiumpitoista voimakkaasti radioaktiivista vettä Helsingissä. Teknillinen Aikakauslehti.
- Asikainen, M. & Kahlos, H. 1979. Anomalously high concentrations of uranium, radium and radon in water from drilled wells in the Helsinki region. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 43: 1681-1686.
- Erämetsä, O. 1968. Malminkadun uraanipitoisesta vedestä. *Suomen kemistilehti A* 41: 255-258.
- Helovuori, O. 1979. Geology of Pyhäsalmi Ore deposit, Finland. *Economic Geology*. 74: 1084.
- Hyypä, Juho. 1963. Eurassa kallioperään poratun syväkaivon suolaisen veden koostumuksesta. *Geologi* 15,1:61-63.
- Hyypä, Juho. 1966. Alustava tiedonanto Eurajoen heliumia sisältävästä luonnonkaasuesiintymästä. *Geologi* 18, 1: 11-12.
- Hyypä, Juho & Juntunen Risto. 1977. Tiedonanto Askolan ja Porvoon mlk:n pohjavesien radon- ja uraanipitoisuuksista. *Geologi* 29, 3: 40-42.
- Isokangas, Pauli. 1978. Mineral Deposits of Europa. Northwest Europe Finland, 1: 39-92.
- Kahlos, H. & Asikainen, M. 1973. Natural Radioactivity of Ground Water in the Helsinki Area. Raport SFL-AIS Institute of Radiation Physics.
- Korpela, Kauko. 1969. Die Weichsel - Eiszeit und ihr Interstadial in Peräpohjola (nördliches Nordfinland) in Licht von submoränen Sedimenten. *Ann. Acad. Scient. Fennicae Ser. A. III* 99.
- Stumm, W. and Morgan J.J. 1970. Aquatic chemistry Wiley-Interscience. New-York.

Fil.maist. Annika Sipilä
Vesihallitus/vesihuoltotoimisto

VESILAITOSTEN RAAKA - JA KÄYTTÖVESIEN TUTKIMUS

Mahdollisten raakavesilähteiden veden laadun tutkimustulokset ovat välttämättömiä jo vedenhankinnan yleissuunnittelu- vaiheessa, ts. määriteltäessä vesilaitoksen kannalta edullisimmat vedenottopaikat. Veden laadulla ja sen suojaamisedellytyksillä on usein vedenottamon sijoittamisen kannalta erittäin suuri merkitys. Raakavesilähteiden valinta tapahtuu usein huomattavasti ennen vedenottamon perustamispäätöstä. Veden laadun suhteen on tällöin jo varmistuttu siitä, että käyttöön otettavasta raakavedestä voidaan valmistaa terveydelliset, esteettiset ja käyttötekniset vaatimukset täyttävää vettä. Samalla tutkimusten avulla on valittu vedenkäsittelymenetelmä, mikäli vettä tulee käsitellä. Suorittamalla vesien käytön kokonaissuunnittelua ja osallistumalla tarkempan yhden tai muutaman kunnan aluetta koskevaan vesihuollon yleissuunnitteluun sekä valtion rahoitustuen myöntämisen yhteydessä tapahtuvalla valvonnalla vesihallitus pyrkii edistämään hyvän raakaveden käyttöä.

Vesilaitoksen jakamasta vedestä tehdään terveydenhoitolain mukaiset tutkimukset veden terveydellisistä ominaisuuksista. Terveyslautakunta huolehtii siitä, että laitokselta otetaan tarvittava määrä näytteitä sekä kemiallisia että mikrobiologisia määrittäyksiä varten. Näiden määrittäysten tulokset saadaan lääkintöhallituksen ja vesihallituksen keskinäisen sopimuksen perusteella vuosittaisen vesihuoltotiedustelun yhteydessä vesipiireille ja edelleen vesihallitukselle.

Tutkimukset, joita tehdään veden terveydelliseltä kannalta, perustuvat terveydenhoitolakiin ja lääkintöhallituksen yleiskirjeeseen: Talousveden terveydellinen valvonta. Niiden mukaan tulee veden mikrobiologinen laatu tarkistaa fekaalista koliformista bakteeria indikaattorina käyttäen 4-52 kertaa vuodessa vesilaitoksen koosta ja raakavesilähteestä riippuen. Syanidi ja ne raskasmetallit, joille on määrätty ylin sallittu pitoisuus, tulee tutkia raakavedestä ennen ottamon käyttöönottoa, sekä vähintään viiden vuoden välein sekä raakavedestä että vesijohtovedestä. Lisäksi on vuosittain tehtävä määrittäys veden nitraatti-, nitriitti- ja fluoridimääristä. Tässä yhteydessä otetaan myös näytteet veden esteettisen laadun ja teknisen käyttökelpoisuuden varmistamiseksi.

Veden terveydelliseen laatuun vaikuttaa myös veden radioaktiivisuus. Säteilyturvallisuuslaitos huolehtii pinta- ja pohjavesien radioaktiivisuusmittauksista ja tämän alan kartoitustyöstä.

Lakiin perustuvan vesitutkimuksen lisäksi vesilaitoksilla jatkuvasti tarkkaillaan sekä raakaveden että käsitellyn veden laatua puhdistustuloksen onnistumisen varmistamiseksi. Vesilaitosten oman veden laadun seurannan avulla saadaan tietoja raakaveden laadun muutoksista ja niiden aiheuttamista käsittelyn muutostarpeista sekä vedenkäsittelyn onnistumisesta. Tällöin seurataan erityisesti niitä ominaisuuksia, jotka kuvaavat raakaveden laatua (pohjavesilaitoksilla lähinnä rauta ja mangaani sekä pH), veden mahdollista likaantumista (NH_4^+ , NO_3^- , väri, permanganaattiluku ja indikaattoribakteerit) sekä veden metalliputkistoa syövyttäviä ominaisuuksia (kovuus, alkaliniteetti, sameus, hiilidioksidit, pH). Näitä määrittämiä tehdään laitoksesta riippuen 1-50 kappaletta kuukaudessa.

Jos on epäiltävissä, että vedenottamoalueelle voi joutua jostain vaarallista tai haitallista ainetta esimerkiksi teollisuuden jäteveden mukana, seurataan raakavedestä näitä riskitekijöitä.

Vesihallituksen tutkimustoiminta vesilaitosten veden laadun suhteen on keskittynyt lähinnä raudan ja mangaanin poistoon ja näiden yhteydessä myös humuksen poistoon.

Tietoja vesilaitosten veden laadusta on koottuna vesihallituksen tiedotus-sarjassa. Noin joka kolmas vuosi julkaistaan terveydenhoitolain edellyttämän tutkimuksen tulokset kyseiseltä vuodelta. Välivuosina vuosittaisen vesihuoltotilaston yhteydessä tulee joitakin yhteenvetoja vesilaitosten veden laadusta.

Lisäksi vesipiirien vesitoimistoissa on kunkin alueen vesilaitosten vedenlaatututkimusten tulokset, sekä myös vesipiirien oman tarkkailuvelvotteen nojalla keräämät tulokset.

Yksittäistä vesilaitosta koskevat tulokset ovat tietysti saatavissa myös sekä vesilaitokselta itseltään että kunnan terveyslautakunnalta.

ETT Jorma Kumpulainen
Helsingin Yliopisto/
Elintarvikekemian ja -teknologian laitos

J U O M A V E D E N T E R V E Y D E L L I S E E N L A A T U U N
L I I T T Y V Ä T T U T K I M U S T A R P E E T : K I V E N -
N Ä I S A I N E E T

Viime vuosina ovat teollisuusmaiden tutkijat ja terveysviranomaiset osoittaneet lisääntyvää kiinnostusta juomaveden ja terveyden väliseen suhteeseen. lähinnä mahdollisena osatekijänä tärkeiden kansantautien etiologiassa. Vaikka-kin huomio pääasiallisesti on ehkä kohdistunut juomaveden orgaanisiin epäpuhtauksiin, niin ovat myös kivennäisaineet saaneet lisääntyvää huomiota.

Juomaveden kovuuden ja sydän- ja verisuonitautikuolemien välistä suhdetta on tutkittu varsin aktiivisesti eri puolilla maailmaa jo noin kahden vuosikymmenen ajan, mutta vasta aivan viime vuosina on alettu selvittää juomaveden yksittäisten kivennäisaineiden pitoisuuksien merkitystä ihmisen terveydelle. Päähuomio näissä tutkimuksissa on kohdistettu sen osoittamiseen, esiintyykö yksittäisten kivennäisaineiden pitoisuuksien ja sydän- ja verisuonitautikuolemien välillä korrelaatiota. USA:ssa on vastikään julkaistu erittäin edustava ja perusteellinen selvitys tästä aiheesta (Greathouse ja Craun 1980). Tämä analyttisesti erittäin huolellisesti kontrolloidun tutkimuksen mukaan vain juomaveden kromi ja lyijy korreloivat merkitsevästi sydän- ja verisuonitautikuolemien kanssa USA:ssa. Tutkimuksen mukaan juomaveden kromi korreloi negatiivisesti ja lyijy positiivisesti. Myös useat Englannissa suoritettut tutkimukset tuoltavat näkemystä, jonka mukaan vesijohtoputkistot liukeva lyijy saattaa Englannissa olla syynä pehmeän veden alueiden lisääntyneeseen sydän- ja verisuonitautikuolleisuuteen (Crawford ja Clayton 1973; Crawford ja Morris 1967; Crawford ja Crawford 1967; Beevers ym. 1976).

Yllämainituissa USA:ssa ja Englannissa suoritetuissa tutkimuksissa todetuilla juomaveden lyijy- ja kromipitoisuuksilla oli merkittävä osuus näiden hivenaineiden dietäärissä kokonaissaannissa.

Pelkkä korrelaatio ei siten ole sinänsä vakuuttava, ellei samalla voida osoittaa, että kyseisen kivennäisaineen saanti vedestä on todella merkittävä dietäärissä kokonaissaannissa. Vain harvoja tällaisia selvityksiä on toistaiseksi suoritettu globaalisestikin katsoen.

Suomessa tämän tärkeän kysymyksen selvittäminen on tullut pääosin mahdolliseksi vasta äskettäin, kun professori Pekka Koiviston johdolla toteutettu laaja suomalaisten elintarvikkeiden kivennäisainepitoisuuksia käsittelevä tutkimus julkaistiin (Koivistoinen 1980). Tämän tutkimuksen mukaan välttämättömistä kivennäisaineista vain seleenin, kromin ja fluorin saanti on suomalaisilla selvästi suosituksia

vähäisempi. Kromin osalta myös toinen itsenäinen tutkimus tukee Koivistoisen (1980) tutkimustulosta, jonka mukaan suomalaisen ravinnon kromitaso on alhainen (Kumpulainen ym. 1980).

Suomen juomavesien kivennäisainepitoisuuksista on sensijaan ollut saatavissa jo useiden vuosien ajan suhteellisen runsaasti tutkimustuloksia. Punsar ym. (1975) kartoittivat Itä- ja Länsi-Suomen kaivovesien kivennäisainepitoisuuksia.

Myös eräitä muita juomavesien kivennäisainepitoisuuksia käsitteleviä tutkimuksia on julkaistu. Käyttämällä hyväksi Koivistoisen (1980) ja Punsarin ym. (1975) tutkimustuloksia, on voitu arvioida juomaveden kivennäisaineiden osuudet dietäärisessä kokonaissaannissa keskimäärin 18:n kivennäisaineen osalta (Kumpulainen 1981). Tämä selvitys viittaa siihen, että juomaveden kromilla, lyijyllä ja kadmiumilla saattaa olla varsin merkittävä osuus dietäärisessä kokonaissaannissa. Tämä tukee siten Punsarin ym. (1975) tutkimustulosta, jonka mukaan kaivovesien kromipitoisuus korreloi negatiivisesti ja merkitsevästi sydän- ja verisuonitautikuolleisuuden kanssa Suomessa. Rautaa ja mangaania lukuunottamatta Suomessa ei toistaiseksi ole systemaattisesti kartoitettu vesijohtoverkostosta liukenevien metallien pitoisuuksia vesijohtovesissä. Punsar ym. (1975) analysoivat suoraan kaivosta otettujen näytteiden kivennäisaineita.

Suomen sekä pinta- että pohjavedet ovat erittäin pehmeitä ja happamia, jonka vuoksi niiden korroosiovaikutus on erittäin voimakas. Vaikka vesilaitoksilla pyritäänkin lisäämään verkoon pumpattavaan veteen korroosioinhibiittejä, eivät läheskään kaikki vedenottamot suorita tällaisia toimenpiteitä. Erityisesti tämä pitää paikkansa maaseudun väestön suhteen, koska useimmat maatilataloudet ja osittain myös muut omakotitalot käyttävät oman kaivon vettä.

Haapanen (1973) osoittikin Suomen kansakoulujen vesijohtovesien kivennäisainepitoisuuksia käsittelevässä tutkimuksessaan, että vesien rauta-, mangaani-, sinkki- ja kuparipitoisuudet usein ylittivät lääkintöhallituksen ylärajamääräykset. Kaikkia näitä metalleja voi liueta vesijohtoverkostosta. Lisäksi ainakin vanhemmissa taloissa saattaa esiintyä talojoh-tojen hitsauksessa käytetyistä juotosmateriaaleista peräisin olevaa lyijykontaminaatiota. Vesijohtovesien rauta- ja mangaanipitoisuuksia on Suomessa valvottu perinteisesti, koska näiden hivenaineiden pitoisuudet ovat jo raakavedessä usein haitallisen korkeita. Sen sijaan sinkki-, kupari- ja lyijypitoisuuksia ei ole systemaattisesti ja säännöllisesti kontrolloitu.

Lääkintöhallitus on v.1980 antanut uudet määräykset vesijohtoveden korkeimmista hyväksyttävistä kivennäisainepitoisuuksista (Yleiskirje n:o 1701). Tämä yleiskirje sisältää määräyksiä mm. vesijohtoveden kuparin, sinkin ja lyijyn pitoisuuksista.

Viime kuukausina ovat keskustelua herättäneet useat artikkelit, joissa on raportoitu vesijohtoveden korkeiden kuparipitoisuuksien asukkaille aiheuttamista haitoista. Tämä on indikaatio siitä, että vesijohtoverkosta liukenevien metallien pitoisuuksia käsittelevä tutkimus on aiheellinen ja ajankohdainen.

Erityisesti tulisi selvittää kuparin, sinkin ja lyijyn pitoisuuksia, mutta myös kadmiumin mahdollinen kontaminaatiovaikutus tulisi selvittää. Kuparin ja sinkin osalta näin saatavutettava tieto olisi hyödyllistä pääasiassa teknologisten ja organoleptisten haittojen eliminoimiseksi, mutta myös ravitsemukselliselta ja terveydelliseltä kannalta.

Lyijyn ja kadmiumin osalta saataisiin toksikologiselta kannalta hyödyllistä tietoa ja kromin ja seleenin osalta ravitsemuksellisesti arvokasta tietoa.

K I R J A L L I S U U S

- Anon. 1980. Lääkintöhallituksen yleiskirje n:o 1701. Terveydenhoitolain (469/55) 55 §:n 3 momentin edellyttämät terveydelliset laatuvaatimukset. Helsinki, 16.4.1980.
- Beevers, D.G., Erskine, E., Robertson, M., Beattie, A.D., Campbell, B.C., Goldberg, A. ja Moore, M.R. 1976. Blood, lead and hypertension. *Lancet* 2:1-3.
- Crawford, M.D. ja Clayton, D.G. 1973. Lead in bones and drinking water in towns with hard and soft water. *Br. Med. J.* 2:21-23.
- Crawford, T. ja Crawford, M.D. 1967. Prevalence and pathological changes of ischemic heart disease in a hard-water and soft-water areas. *Lancet* 1:229-232.
- Crawford, M.D. ja Morris, J.N. 1967. Lead in drinking water. *Lancet* 2:1087-1088.
- Greathouse, D.G. ja Craun, G.F. Cardiovascular disease study-occurrence of inorganics in household tap water and relationships to cardiovascular mortality rates. *J. Envir. Pathol. and Toxicology*. in press.
- Haapanen, L. 1973. Juomaveden välttämättömistä kivennäisaineista. *Ympäristö ja terveys* 9-10: 853-858.
- Koivistoinen, P. 1980. Mineral composition of Finnish foods: N, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Co, Ni, Cr, F, Se, Si, Rb, Al, B, Br, Hg, As, Cd, Pb and Ash. *Acta Agric. Scand. Suppl.* 22.

Kumpulainen, J. 1980. Determination of chromium in diets and some other biological materials by graphite furnace atomic absorption. Väitöskirja, Helsingin yliopisto, EKT-sarja 553.

Punsar, S., Erämetsä, O., Karvonen, M., Ryhänen, A., Hilska, P. ja Vornamo, H. 1975. Coronary heart disease and drinking water, J. Chron. Dis. 28:257-287.

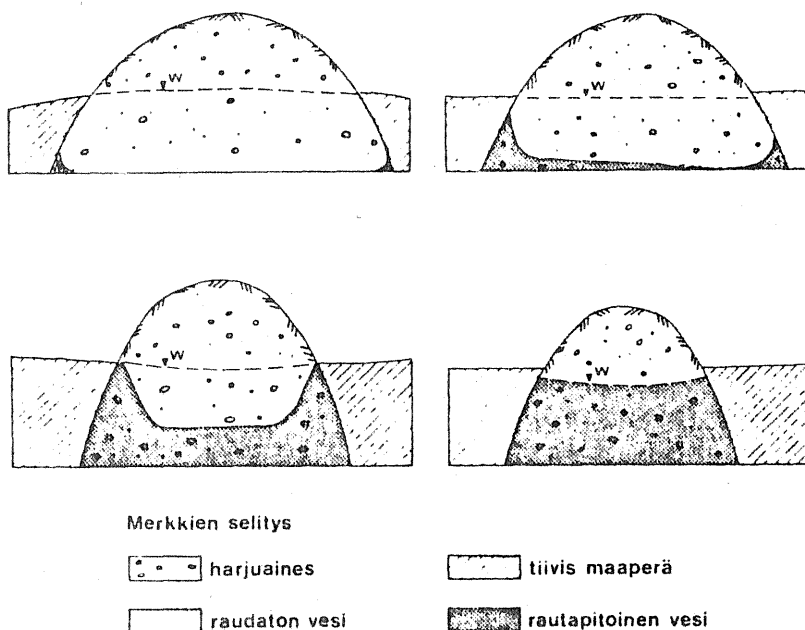
Fil.tri Esko Mälkki
Vesihallitus/vesihuoltotoimisto

H A P P I M Ä Ä R I T Y K S E T V E D E N H A N K I N T A T U T - K I M U K S I S S A

JOHDANTO

Veden hydrologisen kierron vaikutuksesta pohjaveteen kulkeutuu ilmakehästä happea, jolla on sekä välillinen, että suoranainen vaikutus pohjaveden laatuun. Käytännön pohjavesitutkimusten kannalta tällä on Suomessa vallitsevissa hydrogeologisissa ja -geokemiallisissa olosuhteissa merkitystä erityisesti hapettumis- ja pelkistymisreaktioissa herkästi olomuotoaan muuttavien pohjaveden aineosien suhteen.

Käytännöllisesti katsoen jokaisessa pohjavettä kantavassa muodostumassa on ainakin pieniä kenttiä, joissa on vesiliukoisessa muodossa olevia rautayhdisteitä. Mangaani käyttäytyy pohjavedessä samansuuntaisesti kuin rauta ja sitä ei jäljempänä yleensä erikseen mainita. Suomen yleisimmin hyödynnetyissä akvifereissa, hiekka-soramudostumissa, rautapitoisen veden osuus (tarkoitetaan käytännön kannalta vaihtuvia pitoisuuksia) vaihtelee muutaman prosentin tilavuudesta kokonaan rautapitoiseen veteen (kuva 1).



Kuva 1. Pohjaveden laadun vaihtelu harjuakviferin poikkileikkauksessa. Kaaviollinen piirros (Mälkki 1981).

Kokemusperäisen tiedon mukaan raudattoman ja rautapitoisen veden vyöhykerajat ovat osittain asteittain muuttuvat, osittain varsin jyrkät. Merkityksellisempää, kuin terävien rajapintojen esiintyminen, on kuitenkin kentän eri osien käyttäytyminen luonnollista tasapainoa muutettaessa. Sekä kokemusperäinen että tieteellinen (vrt. esim. Hatva ym. 1971) tutkimus on voinut osoittaa eron veden ja osin siihen liuenneiden aineiden liikkeessä. Kun vesimolekyylien liikettä säätelevät pääasiallisesti pohjavesihydrauliset olosuhteet, raudan liike pohjavesikentässä määräytyy suurelta osin myös vaikuttavista sähkökemiallisista voimista.

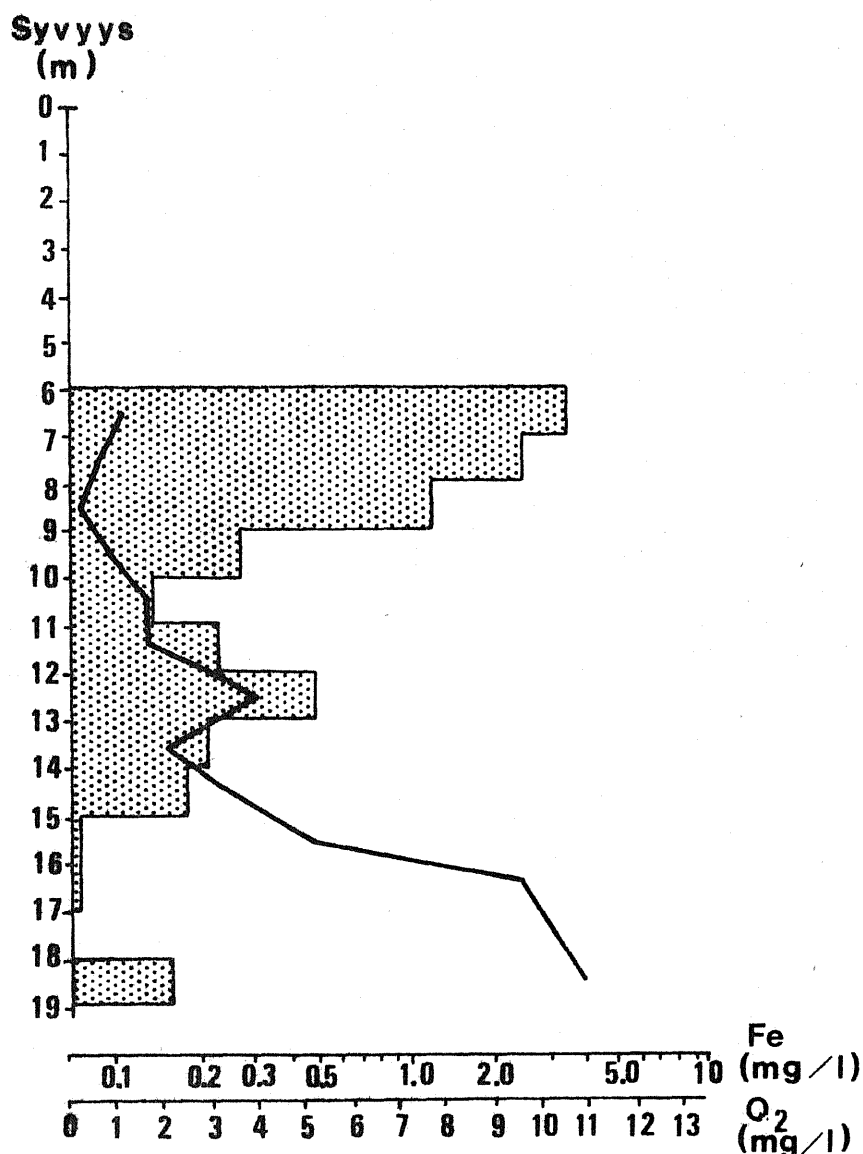
Pohjaveden raudan 2- ja 3-arvoisen muodon riippuvuus hapen saantiolosuhteista pohjavesivyöhykkeessä on suuntaviivoiltaan varsin hyvin tunnettu, mutta yksityiskohdissaan kuva on epätarkka. Akvifereiden pohjaveden rautapitoisuudesta on havaintoja paljon, mutta happipitoisuudesta toistaiseksi vähän.

HAPPIMÄÄRITYSTEN SUORITTAMINEN

Happimäärittäksiä voidaan suorittaa sekä kentällä in situ että vesinäytteistä.

Edellinen määrittäystapa otettiin käyttöön 1960-luvun lopulla suoritettaessa mm. tekopohjaveden virtaustutkimuksia. Määrittäksiä suoritettiin runsaasti 70-luvun alussa tehtäessä raudanpoistotutkimuksia ns. VYR-menetelmällä ja niiden suorittamista on jatkettu monissa käytännön tehtävissä. Vesinäytteiden happipitoisuustutkimukset koepumppauksissa otettiin käyttöön samoin 70-luvun alkuvuosina. Tuohon saakka pohjavedenottopaikkojen esitutkimuksissa samoin kuin koepumppauksissa oli tyydytty sellaisten määrittäysten suorittamiseen, joiden perusteella veden teknistä käyttökelpoisuutta tai terveydellistä laatua voidaan suoranaisesti arvioida. Veden happipitoisuutta ei - kuten tunnettua - näihin yleensä ole sisällytetty. Pohjaveden laatu saattaa näyttää raudan esiintymisen suhteen moitteettomalta. Mikäli veden happipitoisuus on kuitenkin pieni, ollaan lähellä sitä tilannetta, jolloin esim. pohjavesivyöhykkeessä tapahtuvan muutoksen seurauksena rautaa alkaa herkästi liueta veteen, eli olosuhteet ovat raudan suhteen hapettavan ja pelkistävän olotilan rajamailla. Ei ole niinkään harvinaista, että lähes välittömästi koepumppauksen alettua veden laatu on muuttunut rautapitoisemmaksi ja vielä enemmän pohjavedenottopaikkojen "rautaantumista" on tapahtunut pitkän ajan kuluessa. Happirikkaissa vesissä tilanne on päinvastainen.

Vesinäytteiden esitutkimuksissa on siis syytä rautapitoisuuden ohella selvittää myös pohjaveden happitilanne eri näytteenottopaikoissa ja eri syvyyksillä. Kuvassa 2 on esitetty havaintoja pohjaveden happi- ja rautapitoisuuksista eräässä tutkitussa havaintopisteessä, jossa on eri syvyyksiltä suoritettu vedenantoisuusmäärittäykset. Veden happi- ja rautapitoisuus korreloivat tässä varsin selvästi negatiivisesti.



Kuva 2. Pohjaveden happi- (varjostettu alue) ja rautapitoisuus eri syvyyksiltä otetuissa vesinäytteissä.

Pohjavesivarojen ja niiden hyväksikäytön selvityksissä veden happipitoisuuden mittaaminen on eräs nykyaikaisen pohjavesitutkimuksen keskeisimpiä osia. Jostain syystä sitä ei ole otettu käyttöön sellaisessa laajuudessa kuin olisi ollut tarpeellista. Happimääritys, vaikka se ei yksin osoita pohjavesivivöhykkeen hapetus-pelkistystasapainoa, on menetelmänä yksinkertainen ja kuitenkin jo huomattavan varman tutkimustuloksen antava. Sitä voidaan käyttää esitutkimuksissa vedenottopaikkaa valittaessa ja se ilmaisee koepumppaustapahuman aikaisen veden laadullisen tasapainon varsin hyvin. Vedenottamoiden käyttötarkkailussa happimääritysten pitäisi olla peruslähtökohtana, koska sen avulla on mahdollista ennakoita veden laadun muuttumista erityisesti raudan ja mangaanin suhteen ja ryhtyä ajoissa tarvittaviin vedenoton säätely- ja järjestelytoimenpiteisiin.

KIRJALLISUUTTA

- Hatva, T., Niemelä, L. & Seppänen, H. 1971. Näkökohtia raudan pidättymisessä maaperään. *Vesitalous* 12, 5:13-20.
- Mälkki, E. 1981. Kaivon paikan valinta ja suunnittelu. Kaivot-rakentaminen, käyttö. INSKO 44-81. Helsinki. V, 12 s.

6. RAUDAN, MANGAANIN JA AMMONIAKIN POISTO EI-LAITOSMAISELLA
KASITTELYLLÄ

Puheenjohtaja: fil.lis. Juho Hyypä

Fil.maist. Tuomo Hatva
Suunnittelukeskus Oy

R A U D A N J A M A N G A A N I N P O I S T O J Ä L L E E N - I M E Y T Y S M E N E T E L M Ä L L Ä

YLEISTÄ

Pohjaveden käsittelymenetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään, jotka ovat laitos- ja ei laitoskäsittelymenetelmät. Puhdistumisprosessin perusteella menetelmät voidaan jakaa myös kemiallisiin ja biologisiin käsittelymenetelmiin. Kemiallinen käsittely vaatii laitosrakennuksen. Biologinen käsittely vaatii laitosrakennuksen. Biologinen käsittely voidaan tehdä laitosrakennuksessa tai ulkona.

Ei laitosmaisilla käsittelymenetelmillä tarkoitetaan tässä yhteydessä maaperän ja luonnon oman puhdistumisprosessin hyväksikäyttöön perustuvia jälleenimeytys-, VYR- ja rinnevalutusmenetelmiä ja niiden sovellutuksia, joissa käsittely tapahtuu maanpinnalla tai maaperässä. Menetelmillä saavutetaan laitoskäsittelymenetelmiin verrattuna mm. seuraavat edut:

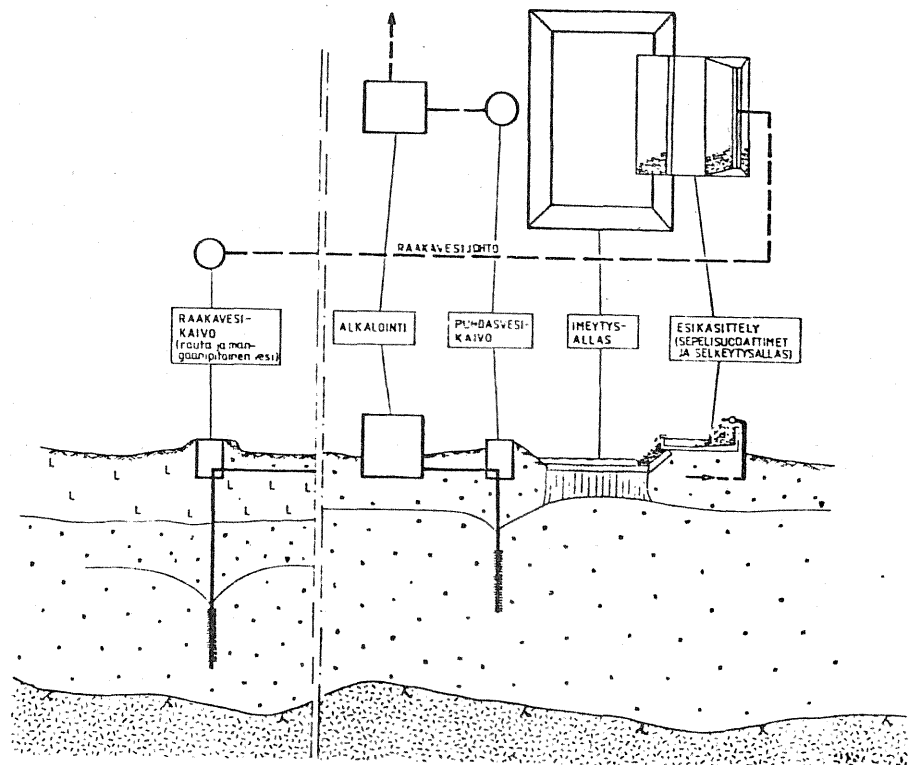
- suodattimena toimii maaperä, jolloin kalliita laitosrakenteita ei tarvita
- kemikalointia tarvitaan enintään veden alkalointiin
- rakentamis- ja käyttökustannukset ovat pienet

Seuraavassa on käsitelty lähinnä maanpinnalla tapahtuvaan käsittelyyn perustuvaa jälleenimeytysmenetelmää ja sen sovellutuksia.

MENETELMIEN KEHITYS

Ajatus luonnollisen puhdistusprosessin hyväksikäytöstä pohjaveden käsittelyssä ei ole uusi. Jokainen on varmasti nähnyt luonnossa lähteitä, joista purkautuvassa pohjavedessä ollut liuennut rauta saostuu ruskeana sakkana laskuojaan. Ensimmäinen todennäköisesti tähän havaintoon perustuva raudanpoistolaitos on Iska Herttuan 1940-luvulla Lapualle suunnittelema ns. rinnevalutukseen perustuva laitos. Puhdistusprosessia koskevia tutkimuksia ei tällöin vielä tehty.

Pohjavesitutkimusten ja siiviläputkikaivojen rakennustöiden yhteydessä kiinnitettiin 1960-luvun lopulla erityistä huomiota pohjaveden rauta- ja mangaanipitoisuuksissa esiintyviin jyrkkiin eroihin. Erot veden laadussa saattoivat olla pysyviä aivan vierekkäin olevissa putkikaivoissa. Myöhemmin on todettu, että erot johtuvat maaperään luonnollisen hapettumisen johdosta syntyneistä rauta- ja mangaanisäostumistä.



Kuva 1. Raudan ja mangaanin poisto jälleenimeytysmenetelmällä. Yksikköoperaatiot.

Asiaa tutkittiin yksityiskohtaisesti v. 1971-72 (Hatva ym. 1971). Tehdyt havainnot ja tutkimukset johtivat VYR-menetelmän kehittämiseen, missä pohjavedessä oleva rauta ja mangaani poistetaan maaperässä tehtävän hapetuksen avulla.

Pohjaveden käsittelymenetelmiä kehitettiin edelleen 1970-luvulla. Ruotsissa ja Suomessa tehtiin kokeita mm. jälleenimeytysmenetelmällä. Jälleenimeytysmenetelmän käyttömahdollisuuksia ja erilaisia sovellutuksia on tutkittu Suomessa 1975-77 vesihallituksen ja SITRAn toimesta YVY-projektin yhteydessä (Hatva ja Efraimsson 1977, Hatva 1978).

Pohjaveden ammoniakin poistoa tutkittiin YVY-projektin yhteydessä 1974 (Kantanen ja Pietarila 1975). Tutkimuksia on jatkettu 1980-luvulla vesihallituksen toimesta.

JÄLLEENIMEYTYSMENETELMÄ

Toimintaperiaate

Jälleenimeytysmenetelmässä poistetaan pohjavedessä esiintyvä rauta ja mangaani maanpinnalla tehtävän käsittelyn avulla.

Menetelmään perustuva laitos käsittää seuraavat yksikköoperaatiot (kuva 1):

- raakaveden pumppaus
- raakaveden ilmastus ja esikäsittely
- esikäsitellyn raakaveden suodatus ja jälleenimeytys maaperään
- puhtaan veden pumppaus ja alkalointi

Raakavesi ilmastetaan ensin yksinkertaisen pisarailmastuksen avulla. Ilmastusta voidaan tehostaa hapettimen tai ilmastuportaikkojen avulla. Ilmastuksen jälkeen vesi johdetaan ensin esikäsittely-yksikköön.

Esikäsittelyssä voidaan käyttää karkearakeisesta sepelistä tai muusta materiaalista tehtyjä kontaktisuodattimia. Suodattimia on kahta päätyyppiä, ns. kuiva- ja märkäsuodattimet. Esikäsittelyä voidaan tehostaa selkeytysaltaiden avulla.

Esikäsittelyn tarkoituksena on vähentää veden rauta- ja mangaanipitoisuutta imeytysaltaan tukkeutumisen hidastamiseksi. Toisaalta esikäsittely on usein välttämätön puhdistumisprosessin kannalta.

Esikäsittelyssä voidaan käyttää hyväksi myös paikallisia maasto-oloja ja poistaa osa raakavedessä olevasta raudasta ennen altaaseen imeytystä niin sanotun rinnevalutuksen avulla. Rinnevalutuksessa raakavesi johdetaan ilmastuksen jälkeen sopivan kaltevalle harjun rinteelle, jossa sen annetaan valua luonnollisen kasvillisuuden peittämää rinnettä alas. Vedessä olevat rauta ja mangaani saostuvat ja pidättyvät maanpintaan. Vesi imeytetään maaperään rinteiden alaosaan kaivettujen kokoojaojien tai altaiden avulla.

Esikäsittely-yksiköstä vesi johdetaan hidassuodatuskerroksella varustettuun, vettä johtavien hiekka- ja sorakerakosten päälle kaivettuun imeytysaltaaseen. Vedessä esikäsitellyn jälkeen vielä olevat rauta ja mangaani saostuvat imeytysaltaan hiekkasuodattimen pinnalle ja maaperään. Edelleen pohjaveteen imeytyvä vesi on raudatonta ja mangaanitonta.

Puhdistumisprosessi

Raudan ja mangaanin esiintyminen pohjavedessä riippuu erilaisista tasapainoreaktioista, joista tärkeimmät ovat hapetus- ja pelkistysreaktiot. Huomattavimmin raudan ja mangaanin liukoisuuteen vaikuttavat tällöin veden happamuus (pH) ja hapetus-pelkistys- eli E_h -potentiaali.

Hapetuksessa veden E_h -potentiaali nousee raudan suhteen hapettavalle puolelle, jolloin veteen liuenneen raudan hapetusaste muuttuu ja se saostuu hydroksina.

Raudan ja mangaanin saostuminen on luonteeltaan osittain kemiallinen, osittain biologinen prosessi. Kemiallisessa prosessissa veteen liuenut kaksiarvoinen rauta hapettuu olosuhteiden muuttuessa raudan suhteen hapettavaksi ja

saostuu hydroksina. Hapettuminen tapahtuu yleensä happipitoisuuden kasvaessa ja E_7 -potentiaalin noustessa yli + 230 mV:n (pH7:ään korjattu E_h -potentiaali).

Tärkeimmät rautaa ja mangaania hapettavat organismit ovat rauta- ja mangaanibakteerit. Näistä voidaan mainita tyypillisimpinä Leptothrix- ja Gallionella-suvun bakteerit. Raudan ja mangaanin hapettuminen ja saostuminen tapahtuu bakteerituppien ja solujen pinnalla, missä ympäristö on alkaalinen.

Käsittelyprosessissa osa raakavedestä olevasta raudasta saostuu ja pidättyy jo sepelisuodattimiin, jotka toimivat eräänlaisina kontaktisuodattimina. Sepelisuodattimista veden mukana kulkeutuva rautasakka laskeutuu suodattimien jäljellä olevien selkeytysaltaiden pohjalle.

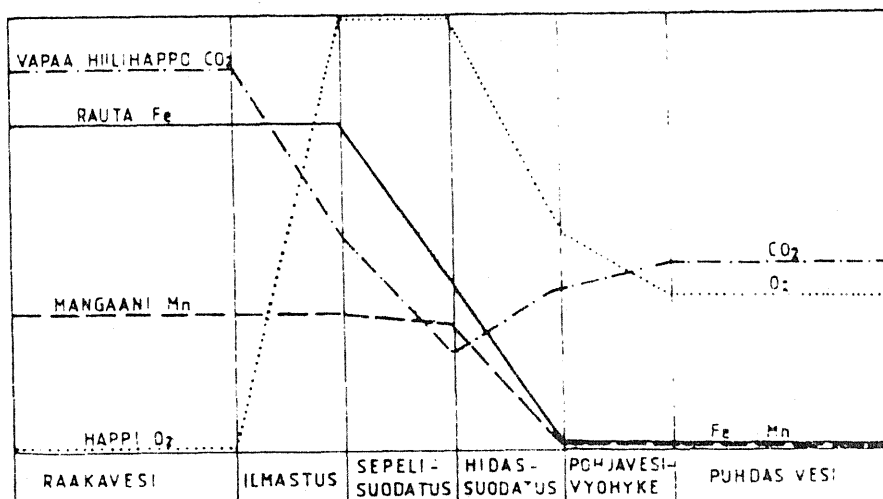
Vedessä esikäsittelyn jälkeen vielä oleva rauta esiintyyneen pääosin ferrimuodossa joko kolloidisena hydroksina tai kompleksioneina. Rauta pidättyy imeytysaltaan suodatinhiekkakerroksen pintaan.

Vedessä liuenneena oleva mangaani saostuu huomattavasti korkeammalla E_h -tasolla kuin rauta. Esikäsittelyvaiheessa E_h -potentiaali ei yleensä nouse riittävän korkealle, jolloin raudan alkaessa saostua mangaani voi jäädä vielä liuenneena veteen. Jos esikäsittely on riittävä, mangaani saostuu biologisen toiminnan ansiosta kuitenkin imeytysaltaan suodatinkerroksen pintaan. Puhdistumisprosessia voidaan tehostaa tekemällä olosuhteet biologisella toiminnalla otollisiksi. Tällöin voi tulla kysymykseen esimerkiksi pH:n nostaminen käyttämällä esikäsittelyssä kalkkikiveä.

Rauta- ja mangaanibakteerien ansiosta menetelmän avulla voidaan käsitellä myös pohjavesiä, joissa rauta esiintyy vaikeasti poistettavissa olevassa kompleksimuodossa ja veden puhdistaminen edellyttäisi muita menetelmiä käytettäessä täydellistä kemiallista käsittelyä.

Imeytysaltaasta maaperään imeytyvässä vedessä on runsaasti happea ja se täyttää edellyttäen, että käsittelyprosessi on oikein mitoitettu hyvälle juoma- ja talousvedelle asetetut vaatimukset. Muista prosessin aikana tapahtuvasta muutoksista voidaan mainita hiidioksidipitoisuuden ja orgaanisen aineksen määrän pieneneminen (kuva 2, taulukko 1).

Tutkimuksissa on todettu, että jälleenimeytyskäsittelyssä voidaan poistaa myös pohjavedessä olevaa ammoniakkia (vesihallitus, suullinen tiedonanto). On ilmeistä, että ammoniakin poiston täytyy perustua myös biologiseen toimintaan, jolloin ammoniakki hapettu nitriitin kautta nitraatiksi (nitrifikaatio).



Kuva 2. Veden laadun muuttuminen jälleenimeytysprosessissa. Kaaviokuva.

VEDENOTTAMO	RAAKAVESI				PUHDAS VESI				IMEYTYS/OTTO teho m ³ /d
	Fe mg/l	Mn mg/l	KMnO ₄ mg/l	CO ₂ mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	KMnO ₄ mg/l	CO ₂ mg/l	
Kälviän vesiosuuskunta (Riippa)	1.7	0.1	14.7	45.4	0.12	0.02	9.7	21.0	1000/1000
Veteli (kirkonkylä)	3.6	0.06	11.4	39.0	0.03	0.02	1.9	22.0	500/500 1)
Tuusula (Kellokoski)	2.1	0.49	2.8	44	0.05	<0.01	<1.0	21	450/250 1)
Pieksämäki (Naarajärvi)	1.6	0.10			0.02	0.03			600/600 1)
Oulaisten vesiosuuskunta (Vaekangas I)	2.4	0.28	20	39	0.11	0.04	9.8	15	400/500
Isokyrön Vesihoito Oy (Kokkokangas)	5.0	0.22	5.1		0.13	0.1	2.2		500/1800 1)
Peräseinäjoki	3.9	0.36	6.6	38	0.1	0.2	3.1	18	400/400 1)
Heinola (Ala-Musteri)	0.6	0.03	5.6	30	0.04	0.01	2.0	6.5	1900/2300

1) Koelaitos

Taulukko 1. Veden laadun muuttuminen jälleenimeytysprosessissa. Käyttökokemuksia.

MENETELMIEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET ERILAISISSA OLOSUhteissa

Jälleenimeytysmenetelmää voidaan soveltaa monilla eri tavoilla hydrogeologisten olosuhteiden tarjoamien mahdollisuuksien mukaan. Kohdealueet voidaan ryhmitellä paikallisten olosuhteiden ja imeytysjärjestelyiden perusteella esimerkiksi seuraavasti:

- A. Raakavesi tuodaan imeytyspaikalle eri pohjavesiesiintymästä. Pohjavesi on käsittelyalueella hyvälaatuista. Imeytysallas voi olla puhtasvesikaivon läheisyydessä tai vedenottamoalueen ulkopuolella.
- B. Raakaveden otto ja imeytys maaperään tehdään saman pohjavesiesiintymän alueella. Pohjavesi on käsittelyalueella rautapitoista. Imeytysallas on puhtasvesikaivon vieressä.
- C. Raakavesi tuodaan imeytyspaikalle eri pohjavesiesiintymästä. Pohjavesi on käsittelyalueella rautapitoista. Imeytysallas on puhtasvesikaivon vieressä.

Imeytysaltaiden maaperän laadulle asettamat vaatimukset ovat samat kuin tekopohjavettä muodostettaessa. Perusedellytyksenä ovat tällöin imeytysveden määrän nähden riittävä alue ja maaperän hyvä läpäisykyky.

Jälleenimeytysmenetelmää ei voida käyttää, kun akviferi on vettäläpäisemättömien maakerrosten peittämä. Tällöin voi tulla kysymykseen periaatteessa samantyyppisen laitoksen rakentaminen maanpinnalle. Tutkimukset käyttökokemusten ja sopivien mitoitusarvojen saamiseksi aloitettiin Sitran projektina äskettäin.

Jälleenimeytyslaitokset toimivat myös talviolosuhteissa. Merkittäviä käyttövaikeuksia ei ole esiintynyt kovillakaan pakkasilla. Käyttö talviolosuhteissa edellyttää kuitenkin jatkuvaa imeytystä, jolloin esikäsittely-yksikkö ja imeytysallas tulee mitoittaa siten, että imeytystä ei tarvitse keskeyttää talvella.

Luonnolliseen puhdistumisprosessiin perustuvia menetelmiä voidaan käyttää sekä yhdyskuntien pohjavesilaitoksissa että aivan pienissä yksityisten talouksien vedenottamoiden veden käsittelyssä. Pieniä laitoksia varten on kehitteillä helppo-
hoitoinen ja yksinkertainen ratkaisu.

KIRJALLISUUTTA

- Hatva, T., Niemistö, L. & Seppänen, H. 1971. Näkökohtia pohjaveden raudan pidättymisestä maaperään. Vesitalous 12, 5; 13-20.
- Hatva, T. & Efraimsson, J. 1977. Raudan ja mangaanin poisto pohjavedestä jälleenimeytysmenetelmällä. 102 s. Helsinki. VVY-tutkimus 37.

Hatva, T. 1978. Pohjaveden käsittely ja tekopohjaveden muodostaminen maaperää hyväksikäyttäen. 62 s. Helsinki. YVY-tutkimus 34 b.

Kantanen, P. & Pietarila, M. 1975. Ammoniakin poisto pohjavedestä. 10 s. + liitt. Helsinki. YVY-tutkimus.

Vesihuoltoins. Paavo Päättalo
Vesihallitus/Kokkolan vesipiirin vesitoimisto

A M M O N I A K I N , M A N G A A N I N J A R A U D A N
P O I S T O K O K E E T H I T U R A N P O H J A V E D E S T Ä
H A P E T U S - S U O D A T U S M E N E T E L M Ä L L Ä

YLEISTÄ

Raudan ja mangaanin poistaminen pohjavedestä ei-laitosmaisella menetelmällä on ollut käytössä Suomessa jo varsin kauan. Ehkä vanhin ja tunnetuin on Lapuälle rakennettu Iska Herttuan suunnittelema rinnevalutukseen perustuva puhdistuslaitos. Raudan saostuminen hapettumisen vaikutuksesta on nähtävissä varsin usein myös luonnonlähteissä, jotka punertavat rautasakasta.

Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojektin yhteydessä tutkittiin vesihallituksen ja SITRAn toimesta raudan ja mangaanin poistamista jälleenimeytysmenetelmällä (Hatva ja Efraimson 1977). Tutkimuksella lisättiin menetelmän käyttöön liitettävää tietoa siinä määrin, että edellytykset laitosten suunnitteluun ja käyttöön parantuivat huomattavasti.

Ammoniakin poistoa pohjavedestä tutkittiin myös YVY-projektin yhteydessä (Kantanen ja Pietarila 1975). Tutkimuksessa tehtiin johtopäätös, että pienet ammoniakkipitoisuudet voidaan poistaa taitepistekloorauksella ja suuret varmimmin ioninvaihdolla tai desorptiolla. Eräillä menetelmillä päästiin tehokkaaseen ammoniakin poistoon, mutta kaikilla menetelmillä on haittapuolia mahdollisia käytännön sovellutuksia ajatellen.

TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT

Neljän vuoden ajan ovat vesihallitus ja Kokkolan vesipiirin vesitoimisto kehittäneet yksinkertaista hapetus-suodatusmenetelmällä toimivaa puhdistuslaitosta, jonka suunnittelussa on lähdetty seuraavista lähtökohdista:

- puhdistuslaitos tulee voida sijoittaa myös harju-alueiden ulkopuolelle, koska vesi otetaan käyttöön hyvin monenlaisista paikoista (moreenimäet, kalliokaivot, piiloharjut)
- käytettävän puhdistusmenetelmän tulee olla yksinkertainen ja toimintavarma. Lisäksi sen investointi ja käyttökustannusten tulee olla alhaiset
- pohjaveden puhdistaminen, erityisesti talo- ja taloryhmäkohtaisessa vedenhankinnassa on ollut puutteellista
- pohjaveden puhdistustarve ja puhdistusvaikeus on hyvin eriasteinen. Löytyy myös vaikeasti puhdistettavia vesiä
- raudan ja mangaanin kanssa samanaikaisesti sisältää pohjavesi usein, varsinkin Pohjanmaalla, myös ammoniakkia, jonka poistaminen menetelmien kalleuden tai teknisten haittojen vuoksi on ollut lähes olematonta.

ALUEELLINEN TARVE JA KOEJÄRJESTELYT

Alueellinen tarve

Vuonna 1973 laaditussa Kalajokilaakson vesihuollon yleissuunnitelmassa todettiin, että Nivalassa sijaitsevan Outokumpu Oy:n Hituran avolouhoksen kuivatusvesi on huomattava ja varsin varteenotettava pohjavesireservi. Avolouhos on sattunut Kalajokilaaksossa kulkevaan piiloharjuun ja kaivoksen kuivapitämiseksi on harjasta pumpattu pohjavettä vuodesta 1969 lähtien teholla 5 000-8 000 m³/d. Pohjavesi sisältää rautaa, mangaania ja ammoniakkia siinä määrin, että se pitää puhdistaa ennen käyttöönottoa. Koska mahdollisesti ammoniakin poistamisesta saatavilla kokemuksilla on myös laajempaa merkitystä, päädyttiin ajatukseen, että suoritetaan pienoismallikokeita Hiturassa.

Koejärjestelyt

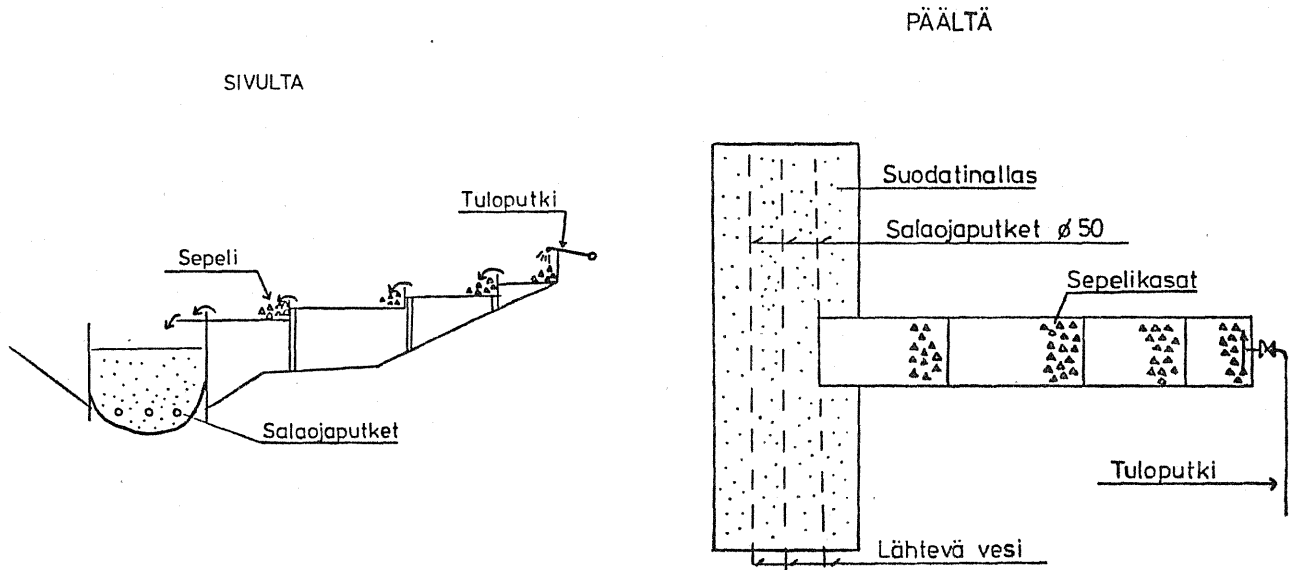
Huhtikuussa 1978 rakennettiin avolouhosta kiertävän huoltotien luiskaan koelaitos.

Koelaitoksen toiminta perustui pohjaveden ilmastukseen sekä seveli- ja hiekkasuodattamiseen.

Avolouhoksen kuivatusvesien poistoputkesta vesi johdettiin erillisellä putkella neliosaisen ilmastusportaikon yläpäähän, jonne vesi tuli suihkuna rei'itetyn putken kautta. Vesisuihku suunnattiin sevelikasaan, josta se virtasi ilmastus- ja seveliportaikkoa pitkin alaspäin. Ilmastus-seveliportaikko toteutettiin siten, että vesi putosi aina ensin sevelikasaan ja sen jälkeen oli pieni selkeytysallas, ennen kuin se putosi seuraavaan sevelikasaan. Neljännestä selkeytysaltaasta vesi johdettiin noin metrin vahvuiseen suodatinhiekkakerrokseen, jonka alaosaan vesi poistettiin salaojaputkien kautta pois (kuva 1).

Koelaitos oli käytössä toukokuun alusta marraskuun loppuun.

Laitoksen teho oli keskimäärin 20 m³/d eli 0,83 m³/h. Veden viipymä ilmastusportaikossa oli yksi tunti, samoin suodattimessa. Suodattimen pintakuorma oli 1,7 m³/m² d eli 0,072 m/h.



Kuva 1. Kaaviopiirros koejärjestelyistä Hiturassa.

TULOKSET

Laitokselle tulevasta ja lähtevästä vedestä sekä neljännessä selkeytysaltaasta otettiin vesinäytteitä viikon välein. Vesinäytteiden perusteella tulevan veden laatu vaihteli seuraavasti: väri 50-100 mg/l Pt; pH 6,8-7,1; happi 0,84-7,2 mg/l; kyll. % 7-60 %; kaliumpermanganaattiluku 12-24 mg/l; ammonium 0,72-1,12 mg NH_4/l ; rauta 2,6-4,56 mg Fe/l ; mangaani 0,46-0,55 mg Mn/l ja vapaa hiilihappo 24-50 mg CO_2/l .

Neljännessä altaasta otettujen näytteiden perusteella suurimmat muutokset tapahtuivat rautapitoisuudessa (0,7-2,2 mg/l), pH-arvossa (7,0-7,5), väriluvussa (10-85) ja hiilihappopitoisuudessa (14-26 mg CO_2/l). Sensijaan mangaanin (0,32-0,50 mg/l) ja ammoniakin (0,29-1,03 mg/l) suhteen ei ole sanottavaa muutosta tapahtunut.

Lähtevän veden laatu oli hyvä jo kaksi vuorokautta käynnistämisen jälkeen otetuissa näytteissä. Toukokuun puolivälissä oli keskeytys ja saman kuukauden lopulla otettujen näytteiden perusteella rautapitoisuus oli laskenut selvästi, mutta mangaanin ja ammoniakin osalta muutos oli pienehkö.

Kesäkuun 12. päivänä tehtyjen määritysten perusteella olivat mangaani- ja ammoniakki poistuneet lähes täysin (0,026 mg Mn/l ja 0,018 mg NH_4/l) (taulukko 1).

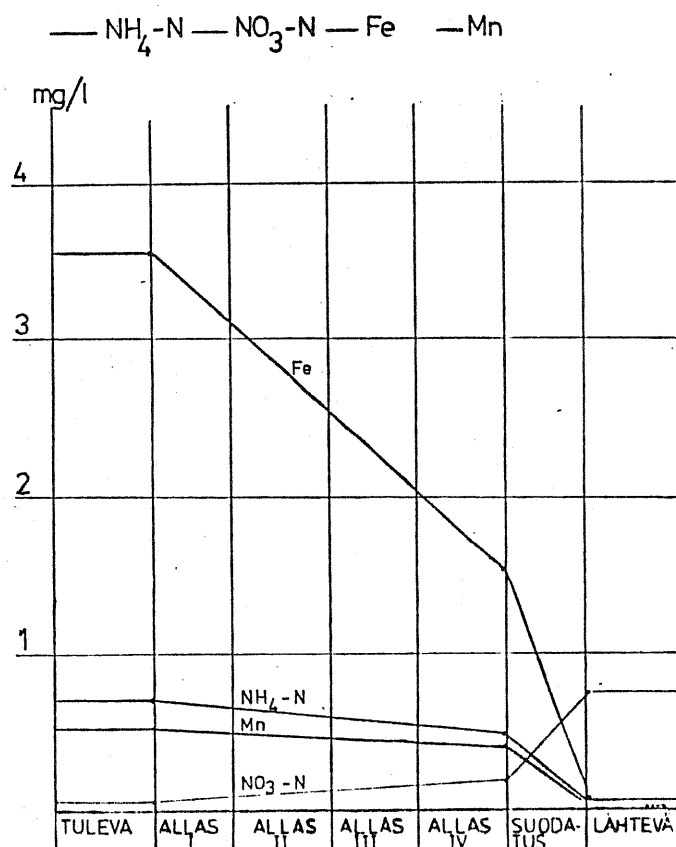
Taulukko 1. Pohjaveden analyysitulokset Hituran koelaitoksella 12.6.-28.11.1978 välisenä aikana.

	Tuleva ka	IV allas ka	min	Lähtevä max	ka
väri	76	51	5	12	8
pH	6,9	7,2	6,9	7,6	7,2
O ₂	1) 6,1	8,9	7,4	11,4	9,6
KMnO ₄	24	24	12	16	14
Fe	3,45	1,7	0,006	0,243	0,033
Mn	0,51	0,45	0,003	2) 0,119	0,018
NH ₄	0,98	0,77	0,000	2) 0,490	0,050
NO ₂	0,02	0,03	0,000	2) 0,073	0,010
NO ₃	0,05	0,63	1,36	5,01	3,25
CO ₂	40	21	7,7	24,2	15,1

1) vesi pääsee hieman ilmastumaan ennen näytteenottoa

2) näyte otettu 2 vuorokautta sepelien puhdistamisen jälkeen

Tämän jälkeen pysyi lähtevän veden laatu lähes tasalaatuisena (pH 7,2-7,4; kaliumpermanganaattiluku 12-16 mg/l; ammoniakki 0,002-0,023 mg/l; rauta 0,006-0,243 mg/l; mangaani 0,003-0,024 mg/l; vapaa hiilihappo 8-18 mg/l) (kuva 2).



Kuva 2. Hituran vedenlaadun muuttuminen.

KEHITTAMISSUUNNAT JA -TARVE

Tähän astisten kokeiden perusteella puhdistamisongelmaa yksityiskohtineen ei riittävästi hallita varsinkaan mangaanin ja ammoniakkin vaikean poistettavuuden vuoksi.

Tutkimustarvetta on ainakin seuraavien seikkojen selvittämiseksi:

- viipymän merkitys ja tarve
- voidaanko ilmastuksen tehostamisella helpottaa vaikeasti puhdistettavien vesien käsittelyä (mangaani, ammoniakkipitoisuudet)
- missä määrin tarvitaan sepelisuodatusta ja missä määrin vain bakteerialustoja
- suodatin ja tartuntamassojen laatu. Kivimateriaalin ja muun materiaalin käyttö suodatin ja tartuntarakenteissa sekä kivimateriaalin laadun vaikutus esim. pohjaveden pH:n nostamiseksi
- laitoksen puhdistustekniikan kehittäminen mahdollisimman helpoksi ja yksinkertaiseksi.

Varsinkin pienpuhdistamoiden kehittämisen tarve tuli voimakkaasti esille 7.-9.10.1981 Iisalmessa pidetyillä haja-asutuksen vesihuollon suunnittelupäivillä.

Pohjaveden puhdistamista hapetus-suodatusmenetelmällä kannattaa kehittää, koska sen taloudellinen merkitys on erittäin suuri, mikäli pienvedenhankintaa vaivaava yksinkertaisten ja toimintavarmojen puhdistusmenetelmien puute pystytään poistamaan. Samalla kehitetään myös isommille vesilaitoksille soveltuvia puhdistusmenetelmiä ja edistetään pohjavesivarojen käyttöä yhdyskuntien vedenhankinnassa.

KIRJALLISUUTTA

Hatva, T. & Efraimsson, J. 1977. Raudan ja mangaanin poisto pohjavedestä jälleenimeytysmenetelmällä. 102 s. Helsinki. YVY-tutkimus 37.

Kantanen, P. & Pietarila, M. 1975. Ammoniakin poisto pohjavedestä. 10 s. + liitt. Helsinki. YVY-tutkimus 5.

Pääatalo, P. 1978. Raudan, mangaanin ja ammoniakkin poisto pohjavedestä: valmisteltu puheenvuoro. Pohjavedenhankinnan maastoselvityksiä koskeva vesihallituksen kurssi, Kuopio 26.-27.9.1978. Moniste.

Pääatalo, P. 1981. Kokemuksia ammoniakkin, raudan ja mangaanin poistosta hapetus-suodatusmenetelmällä: esitelmä. Haapajärven vesihuoltopäivät, Haapajärvi 12.2.1981. Moniste.

P U H E E N V U O R O J A P O H J A V E D E N L A A T U U N
 J A S E N T U T K I M U K S E E N L I I T T Y V I S T Ä
 E R I L L I S A I H E I S T Ä

Annika Sipilä (Vesihallitus): Kunnilla ei ole useinkaan mahdollisuutta tutkia raskasmetalleja ja radioaktiivisuutta. Niin voiko tutkimuksilla osoittaa mitään korrelaatiota esim. fluorin ja radioaktiivisuuden välillä? Jos tavataan korkeita fluori-pitoisuuksia, olisiko silloin syytä tutkia radioaktiivisuutta? Toisaalta näyttää siltä, että kun on alhainen pH, niin saattaa olla raskasmetalleja eli veden pH on hyvin alhainen, kannattaako erikoisesti tutkia näitä raskasmetalleja.

Juho Hyyppä (Geologinen tutkimuslaitos): Esittämässäni tapauksessa oli fluoria aika paljon eli noin 2 mg, mutta Askolan alueella on fluoripitoisuus yleensä pieni, vaikka uraanipitoisuus on suuri. Koska uraani liikkuu eri tavalla hapettuneissa ja pelkistyneissä olosuhteissa ja fluori liikkuu aina, ei ehdoton korrelaatiota voi olla. Mutta on mahdollista, että silloin kun fluori on korkea, siinä olisi radioaktiivisuutta, mutta se on kyllä hyvin paikallisista tekijöistä riippuvaa. Jos vesi on hapanta, niin onko silloin raskasmetalleja? Kokemuksen perusteella voin sanoa, että jos lähdevesi tulee johtoa myöten käyttöön ja se on hapanta, siinä voi olla kuparia hyvin paljon. Aina on olemassa kontaminaation vaara, kun vesi on hapanta. Esim. Orivedellä eräässä lähdevedessä pH oli 6 ja tässä vedessä oli koko alueen suurin kuparipitoisuus eli noin 600 mikrogrammaa/l ja tämä kuparimäärä ylitti yli 30 kertaa Keretin kuparikaivoksen kuparipitoisuuden.

Esko Seppänen (Turun vesipiiri): Porakaivotietous meillä on ollut aika vanhaa ja Martti Laakson työ lieenee ainoa laaja työ, jota on käytetty meillä hyväksi. Turun puolella on useita kuntia, joiden vesihuolto on porakaivon varassa, monet ovat joutuneet luopumaan porakaivoista lähinnä suolapitoisuuden vuoksi ja tällä hetkellä esim. fluoridia on noin 3 mg muutamissa kaivoissa ja onneksi radonia ei ole tutkittu, voisivat nämäkin kaivot joutua käyttökieltoon ja ei ole vaihtoehtoja tiedossa. En ole vielä osannut näissä porakaivoasioissa pelätä radioaktiivisuutta, joka riski nyt tuli täällä esille. Toivon, että näistä päivistä saatava tietopaketti saataisiin mahdollisimman pian tarvitsijoille käyttöön.

Esa Rönkä (Vesihallitus): Vesihallituksen kalliokaivotutkimuksessa ei todettu yhdessäkään tapauksessa korkeaa radonpitoisuutta vaikka fluoripitoisuus oli poikkeuksetta keskimääräistä korkeampi.

Esko Seppänen (Turun vesipiiri): Onko fluori sinänsä vaarallista? Laitilassa on ollut 12 mg ja koko kylä on juonut tällaista vettä ja muuta haittaa ei ole havaittu kuin laikkuja ihmisten hampaissa, muuten hampaat ovat olleet hyvät ja ihmiset voineet hyvin. Verenkiertoa ja sydäntä ei tosin ole tutkittu.

Tuomo Hatva (Suunnittelukeskus Oy): Outokummun vesissä on äskeisen esityksen mukaan hyvin korkeita sulfaatti- ja rautapitoisuuksia ja pH on hyvin alhainen. Siellä on rikastusjätettä kerätty vieressä olevaan sorakuoppaan ja pohjavesien mukana veteen liuenneet raskasmetallit ja sulfaatit ovat levinneet varsin laajalle alueelle ja pilanneet Outokummun kaupungin läheisyydessä olevan pohjavesialueen siinä määrin, että sitä ei voida ottaa käyttöön ollenkaan.

Jussi Hooli (Helsingin teknillinen korkeakoulu): Kaivosten käyttäminen tutkimukseen oli minulle uutta. Onko niin, että kun mennään pH:ssa happamalle puolelle, niin metalleissa tapahtuu liukenemista?

Jussi Hyyppä (Geologinen tutkimuslaitos): Kyllä happamissa ja happipitoisissa vesissä malmimineraalit liukenevat. Liukeneminen on kuitenkin yleensä hidasta. Liuenneet ionit puskuroivat pH:n muuttumista. Bakteeritoiminta voi kuitenkin kiihdyttää liukenemista. Tällöin kaivosvedet muuttuvat erittäin happamiksi ja mineraaliaineksen liukenemisnopeus entisestään lisääntyy.

Pentti Noras (Geologinen tutkimuslaitos): Mikä vaikutus on tulosten tulkinnan kannalta sillä, että näytteet on membran-suodatettu. Veden käyttäjä haja-asutusalueella saa veden käyttöönsä ilman suodatusta kaikkine kiintoaineineen ja vesi joutuu tekemisiin hyvin happamien liuosten kanssa mahlauksessa. Toisin sanoen, onko näitä suodattimen päälle jääviä fraktioita tarkasteltu millään tavalla? Mikä on ollut niiden koostumus?

Jussi Hyyppä (Geologinen tutkimuslaitos): Kyllä tätä asiaa on tutkittu Lapin veistä (Koitelaisen alue). Suodatettujen ja suodattamattomien vesinäytteiden raskasmetallien pitoisuusarvot olivat erittäin vähäisiä. Kun lisäksi filtrattujen vesinäytteiden raskasmetallien pitoisuudet olivat vain 1/100-1/1000 talousveden ylimmistä sallituista raskasmetallipitoisuuksista, voidaan väittää filtratuistakin näytteistä saatujen tulosten osoittavan maame luonnonvesien olevan miltei 100-prosenttisesti vaarattomia terveydelle raskasmetallien liian suurten pitoisuuksien osalta. Pahimmat raskasmetallisaastuttajat ovat vedenotossa käytettyjen laitteiden metalliosat.

Esa Rönkä (Vesihallitus): Vesihallituksessa kaikki määritykset on tehty suodattamattomista näytteistä.

Jussi Hyyppä (Geologinen tutkimuslaitos): Syynä vesien suodattamiseen on ollut se, että puroista ja lähteistä otettuihin näytteisiin saattaa tulla vaihtelevat määrät hienorakeista orgaanista ja tai epäorgaanista ainesta. Kun näyte säilötään happolisäyksellä liukenee varsinkin mineraaliaineksesta raskasmetalleja, joiden määrä voi olla moninkertainen vesinäytteen alkuperäiseen raskasmetallimäärään verrattuna. Täten epäpuhtaudet tekevät analyysitulosten vertailun mahdottomaksi esim. geokemiallisissa anomaliatutkimuksissa.

Laina Salonen (Säteilyturvallisuuslaitos): Jos teillä on kiinnostusta mitata radon-pitoisuuksia, näytteet voi lähettää Säteilyturvallisuuslaitokseen, jossa ne mitataan. Jos joltakin alueelta kerättäisiin useammasta kaivosta näytteitä, voidaan siellä helposti valmistaa näytteet, koska

mittaus tapahtuu nestetuikemenetelmällä, johon tarvitaan 20 ml:n pullo, jossa on tuikeliuos valmiina ja siihen kaadetaan 10 ml porakaivovettä. Sen jälkeen pullot toimitetaan mittaukseen muutaman päivän sisällä. Koska meillä on automaattinen mittauslaite, kannattaa samalla kertaa ottaa ja lähettää useampiakin näytteitä mittaukseen. Vierekkäisissä kaivoissakin voi olla hyvin erilaiset radon-pitoisuudet, toisessa korkea ja toisessa alhainen. Voitte ottaa yhteyttä Säteilyturvallisuuslaitokseen ja minä voin lähettää postissa näytetuikepullot ja neuvoa näytteenoton.

Esko Mälkki (Vesihallitus): Olisin kysynyt Hatvalta, että minkä verran käytännön töissä voidaan muoviputkia asentaa, että saadaa tämä mittaus tehtyä. Happimittaus on karkeatekoisempi ja happimittauksia voidaan tehdä myös rautaputkissa. Omissa tutkimuksissamme emme ole voineet käyttää kovin paljon muoviputkia, mutta mahdollisuuksien mukaan pyrimme niitä käyttämään. Myöskin pyrimme tekemään Eh-potentiaali-mittauksia.

Tuomo Hatva (Suunnittelukeskus Oy): Me käytämme aina Eh-potentiaali-mittauksia happimittauksien yhteydessä riippumatta siitä, onko kyseessä muovi- vai rautaputki. Rautaputken vaikutus Eh-potentiaali-mittaukseen on tutkimaton asia. Yksi koe tästä tehtiin VYR-tutkimuksen yhteydessä. Ensin mitattiin Eh-potentiaali muoviputkessa ja saatiin tietty käyrä ja sen jälkeen pistettiin rautaputki muoviputken sisälle ja Eh-potentiaali mitattiin ja Eh-potentiaalikäyrä oli tasaantunut aivan suoraksi. Muoviputkessa mitatussa Eh-potentiaalissa oli selvä ja jyrkkä gradientti. Rautaputken vaikutusta Eh-potentiaaliin on tutkittu vain tässä yhdessä kokeessa ja asian selvittäminen vaatisi paljon lisätutkimuksia.

Jaakko Päivike (Vaasan vesipiiri): Kysymys Annika Sipilälle laitostarkkailusta. Laitostarkkailu on nyt jäänyt pois vesipiireiltä, se on siirtynyt pääasiassa laitoksenhoitajien tehtäväksi paitsi terveystarkastajien ottamat bakteerinäytteet. Olen huomannut, että näytteenotossa on suuria eroja, miten näytteet otetaan ja mistä ne otetaan. Tavallisesti raakavesinäytteitä ei enää oteta, yleensä otetaan vain hananäyte, joka useinkaan ei edes osoita laitokselta lähtevän veden laatua. Toinen kysymys. Mitkä ovat pääasiassa korroosio-tekijään vaikuttavat seikat?

Annika Sipilä (Vesihallitus): Laitokselta on lain mukaan otettava yksi fysikaalis-kemiallinen näyte vuodessa ja mikäli vettä käsitellään, on myös raakavedestä otettava näyte. Pienillä vesilaitoksilla vesinäyte, joka pitäisi ottaa hanasta, otetaan tavallisesti vesilaitokselta lähtevästä vedestä ja kaikki vesilaitokset eivät edes ota näytteitä, vaikka lain mukaan pitäisi ottaa. Terveysviranomaisien vastuulla on, että näytteet otetaan. Usein vesilaitokset kuitenkin itse ottavat näytteet. Vesinäytteet tulee tutkia lääkintöhallituksen hyväksymissä laboratorioissa, joita on joillakin suuremmilla vesilaitoksilla.

Korroosioon liittyvät lähinnä seuraavat tekijät: kovuus, alkaliteetti, hiilihappo, kloridit ja pH-määrät. Ilmeisesti puskurikapasiteetilla on suuri vaikutus, mutta sitä ei yleensä mitata. Myös sakoilla ja raudalla on merkitystä. Esim. jos putkistoon kerääntyy sakkoja, niin siitä kohtaa putki

helpommin korrodoituu. Myöskin putkimateriaalilla on merkitystä. Rautaputkissa korroosio on laajempialainen ja kupari-putkissa pistemäinen.

Jaakko Päivike (Vaasan vesipiiri): Yleensähän suurin korroosio tapahtuu talojen putkistoissa. Onko tutkittu, mikä osuus sähkönsäädöillä on putkiston korroosioon?

Annika Sipilä (Vesihallitus): Sitra on tehnyt korroosioselvityksen veden laadun suhteen, mutta siinä ei ole otettu huomioon säädöstä. En muista nähneeni sellaista tutkimusta, missä säädös olisi otettu huomioon.

Jaakko Päivike (Vaasan vesipiiri): Mitkä ovat ne määrät kovuudessa, hiilihapossa, pH:ssa jne, jotka vaikuttavat korroosiovaaraan?

Annika Sipilä (Vesihallitus): Sitran tutkimuksessa hyvä kovuuden alue oli 3-6, pH noin 8 (kupariputkilla vähän korkeampi kuin rautaputkilla), alumiinijäännöksen oli oltava alle 0,1, permanganaatti yli 20.

Juho Hyyppä (Geologinen tutkimuslaitos): Miten anodien ja katodien syntyminen vaikuttaa tähän korroosiokysymykseen?

Annika Sipilä (Vesihallitus): Ilmeisesti korroosiokohdassa näiden synty on merkittävin tekijä, mutta tämän tutkiminen on vaikeaa. Veden laadulla pystytään ainakin jonkin verran estämään näitä sähkökemiallisia reaktioita, pH:n vaihtelu putkistossa on hyvin merkittävä, jos pH vaihtelee paljon, on korroosioikin suurempi kuin jos pH pysyisi suhteellisen tasaisena. Yleensä todettiin, että korroosiokysymys vesialalla on hyvin tärkeä ja vähän tutkittu alue ja tätä aluetta tulisi tutkia enemmän.

Juho Hyyppä (Geologinen tutkimuslaitos): Reaktioiden kinetiikalla on merkitystä pohjavesien happipitoisuuksien ja redox-potentiaalimittaustulosten tulkinnassa. Esim. akviferissa voi olla pelkistyneet olosuhteet, mutta toisaalta vedessä on yllättävän paljon happea. Tällöin on tilanne sellainen, että systeemiin tulleen hapen reaktiot vedessä eivät ole vielä ehtineet tasapainotilaan.

Tuomo Hatva (Suunnittelukeskus Oy): Arvelisin, että näin saattaa olla, mutta varmaa tietoa ei minulla näin suoralta kädeltä ole. Tämä viipymäasia on varsin mielenkiintoinen kysymys, sillä esimerkiksi juuri käsittelyprosesseissa viipymä on varsin lyhyt, jos siinä on tällaisia tekijöitä, ne ovat varsin merkittäviä tulkittaessa näitä mittaustuloksia.

Yleisökysymys: Onko sepelisuodatuksessa käytetyllä kivilajimateriaalilla merkitystä? Onko kokeiltu esim. kalkkikivellä?

Paavo Päätaalo (Kokkolan vesipiiri): Kalkkikiveä on kokeiltu Vaasan piirin alueella. Kivilajilla on kyllä ollut merkitystä.

Tuomo Hatva (Suunnittelukeskus Oy): Meillä on tehty alustavia kokeita kivilajien merkityksestä ja ensi viikolla aloitetaan täysimittakaavaisella kalustolla kokeet.

Viipymän merkitys koko prosessissa on hyvin ilmeinen. Koke-
mukseni mukaan nimenomaan mangaanin suhteen tarvitaan riittä-
vä viipymä, mutta ei ole tutkittu, että mikä viipymä pitäisi
esim. tunneissa olla.

Ilmastuksen tehostaminen voi eräissä tapauksissa olla kaksi-
piippuinen asia. Esim. jos meillä on erittäin pehmeä vesi ja
se ilmastetaan ja poistetaan hiilihappo, on meillä kuitenkin
laitoksella putkiston syöpymisen estämiseksi kalkin syöttö,
me ei saada tätä kalkkia enää liukenemaan veteen, vaan me
joudutaan syöttämään veteen uudelleen hiilihappoa. Pitäisi
löytää optimi, että ei poisteta liikaa hiilihappoa.

Sitran paraikaa käynnissä olevassa sepelisuodatintutkimukses-
sa on kokeiltu erilaisia materiaaleja, meillä on mm. lekasora
yhtenä materiaalina ja jätevedenpuhdistamoissa käytettyjä
muovivalmisteita on tarkoitus ottaa tutkimukseen.

Pentti Rantala (Tampereen vesipiiri): Kun typpiyhdisteet hapetettiin
nitraateiksi ja jos ennestään jo on nitraatteja, onko tässä
tullut eteen se, että nitraattipitoisuus kasvaa kokonaisuu-
dessaan liian korkeaksi. Onko nitraattien poistamiseksi mi-
tään ajatuksia?

Paavo Päättalo (Kokkolan vesipiiri): Koska lääkintöhallituksen yläraja
on 30 ja 50 nitraatin osalta, niin ammoniakkipitoisuus saisi
olla siinä 10 mg luokkaa ennen kuin tämä nitraattipitoisuus
ylittyy. 10 mg:n ammoniakkipitoisuudet ovat melko harvinaisia
ja ainakin tällä hetkellä en näkisi sitä ongelmana.

Tuomo Hatva (Suunnittelukeskus Oy): On erittäin mielenkiintoista to-
deta, että ammoniakki häviää jälleenimeytysprosessissa, mut-
ta kuitenkin on kyse prosessista, joka tapahtuu hyvin rajoi-
tetulla alueella. On mahdollista, että se ei kaikilla vesil-
lä tapahdu näin helposti ja siinä mielessä tarvitaan perus-
tutkimusta.

Tätä tapahtumaa voisi verrata meidän tekopohjavesitutkimuk-
sissa saatuihin kokemuksiin, joissa käytettiin Porvoonjoen
vettä, jossa talviaikana lämpötilasta johtuen ammoniakkipi-
toisuus oli varsin korkea. Porvoonjoen vesi imeytettiin nor-
maaliin tapaan imeytysaltaissa ja meidän kokemuksemme mukaan
ammoniakki siinä tapauksessa meni läpi. Täytyy huomata tässä
erilaiset olosuhteet ja voipa kyseessä olla erilainen baktee-
rikantakin.

Paavo Päättalo (Kokkolan vesipiiri): Eräällä melko suurella laitoksella
talviaikana tehdyissä kokeissa ammoniakki tulevassa vedessä
oli 0,8 laskettuna typpinä ja näytteitä oli 8 kpl, jotka on
otettu kuukauden välein, 0,2 on imeytysaltaissa otetuissa
näytteissä. Tässä on tapahtunut selvää poistumaa. Tästä tulee
viipymän merkitys mieleen, lähtevän veden keskiarvo on 0,03.

Heikki Tanskanen (Geologinen tutkimuslaitos): Onko kopioita saatavilla
näistä hydrogeokemiallisista kartoista?

Matti Taka (Geologinen tutkimuslaitos): Työ on vielä keskeneräinen,
mutta jos joku osoittaa yhteistyöhalukkuutta, niin voitaisiin
katsella näitä karttoja yhdessä.

Huom. Esitelmän "Veden terveydelliseen laatuun liittyvät tutkimus-
tarpeet" yhteydessä sekä myöhemmin käytettyjen puheenvuoro-
jen nauhoitus epäonnistunut. Puheenvuoroja käyttivät ainakin
maist. Sulo Piepponen VTT, maist. Annika Sipilä, sekä toht.
Kumpulainen.

7. POHJAVETTA LIKAAVA KUORMITUS

Puheenjohtaja: fil.kand. Pentti Noras

Fil.lis. Jouko Soveri
Vesihallitus

POHJAVESISSÄ ESIINTYVISTÄ RASKAS- METALLEISTA

Pohjaveden ainesuhteisiin vaikuttavat yhdessä geologiset, hydrologiset, mikrobiologiset, fysikaaliset ja kemialliset tekijät. Pohjaveden laatu on ollut näiden luonnollisten tekijöiden vaikutuksesta tasapainossa geologian eri kehitysvaiheissa vuosituhansien ajan.

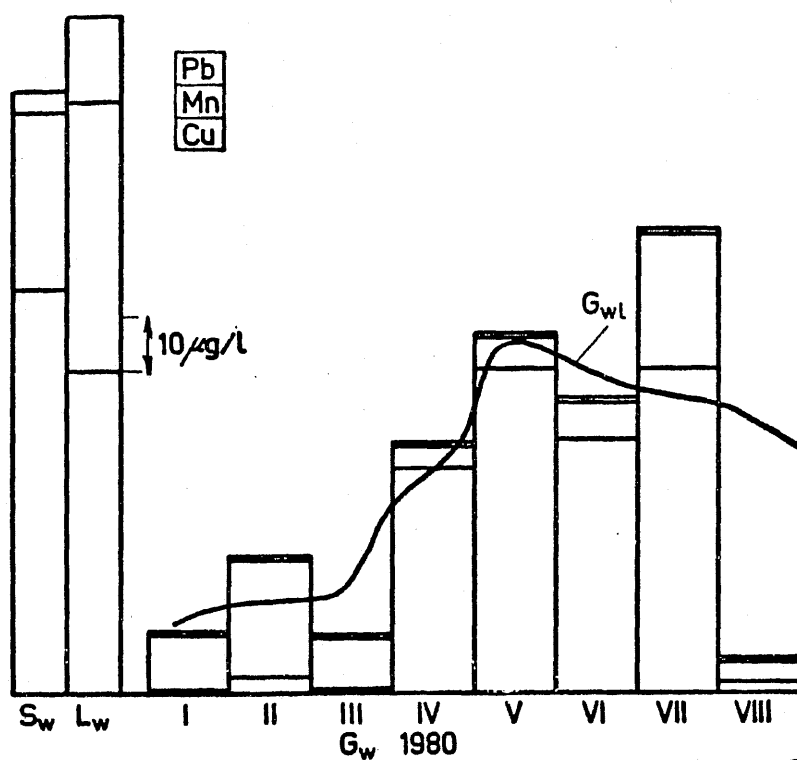
Tämän vuosisadan aikana erilaiset ihmistoimintojen vaikutukset ovat alkaneet muuttaa pohjaveden ainesuhteiden tasapainoa. Tästä on ollut seurauksena, että eräiden epäpuhtausaineiden pitoisuudet ovat viime vuosina huolestuttavasti lisääntyneet.

Suomessa pohjavesivarastojen täydentyminen tapahtuu pääasiallisesti kevätlumien sulamisesta. Näin myös lumen ainesuhteet vaikuttavat merkittävästi pohjaveden koostumukseen alueen geologisten ominaisuuksien lisäksi.

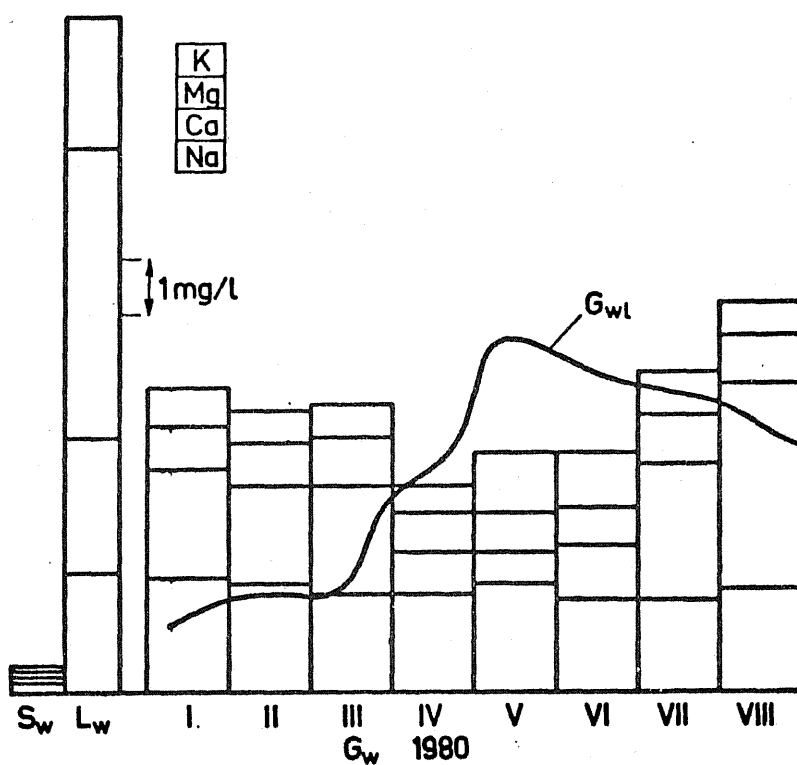
Vesihallituksen suorittamissa tutkimuksissa on tarkasteltu ainetaselaskelmien avulla lumen ainesuhteiden vaikutusta pohjaveden laatuun ennen ja jälkeen kevätlumien sulamisen. Lumi- ja pohjavesianalyysyjä on tehty vesihallituksen 54 pohjavesiasemalla vuodesta 1975 alkaen. Lumianalyysyjä on tehty n. 6 000 kpl ja pohjavesianalyysyjä n. 82 000 kpl. Tulosten tilastomatemattinen käsittely on vielä kesken.

Seuraavassa taulukossa on tarkasteltu hiekkaperäisessä maassa sulamisveden ja pohjaveden ainesuhteita. Pohjaveden raskasmetallit ovat useissa tapauksissa peräisin ilman laskeumista, kun taas maa- ja alkalimetallit ovat kallio- ja maa-perästä liuenneita.

Chemical Determinants	Unit	Snowmelt (Sw)	Groundwater (Gw)	Δ Gw-Sw
pH		4.6	6.9	2.3
Cond.	mS/m	2.7	3.7	1.0
SO ₄	mg/l	3.0	1.5	-1.5
PO ₄ -P	µg/l	7	11	4
Tot. N	µg/l	650	49	-601
Cl	mg/l	1.5	0.8	-0.7
Na	mg/l	0.7	2.1	1.4
Ca	mg/l	1.1	2.3	1.2
Mg	mg/l	0.5	1.1	0.6
K	mg/l	0.4	0.7	0.3
Mn	µg/l	20	14	-6
Cu	µg/l	19	4	-15
Pb	µg/l	8	1	-7
Zn	µg/l	16	1	-15
Hg	µg/l	1.3	0.6	-0.7



Lumen S_w, infiltraatioveden L_w ja pohjaveden lyijy-, mangaani ja kuparisuhteet pohjaveden eri muodostumisvaiheissa G_{wl}.



Lumen S_w, infiltraatioveden L_w ja pohjaveden kalium-, magnesium-, kalsium- ja natriumsuhteet pohjaveden eri muodostumisvaiheissa G_{wl}.

Marketta Ahtiainen
 Vesihallitus/
 Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimisto

V E S I H A L L I N N O N K O E K E N T Ä T P E L L O L L E L E V I T E T T Ä V Ä N L I E T T E E N M A H D O L L I S E S T I A I H E U T T A M A S T A P O H J A V E S I E N K U O R M I T U K - S E S T A

TUTKIMUKSEN YLEISET TAVOITTEET

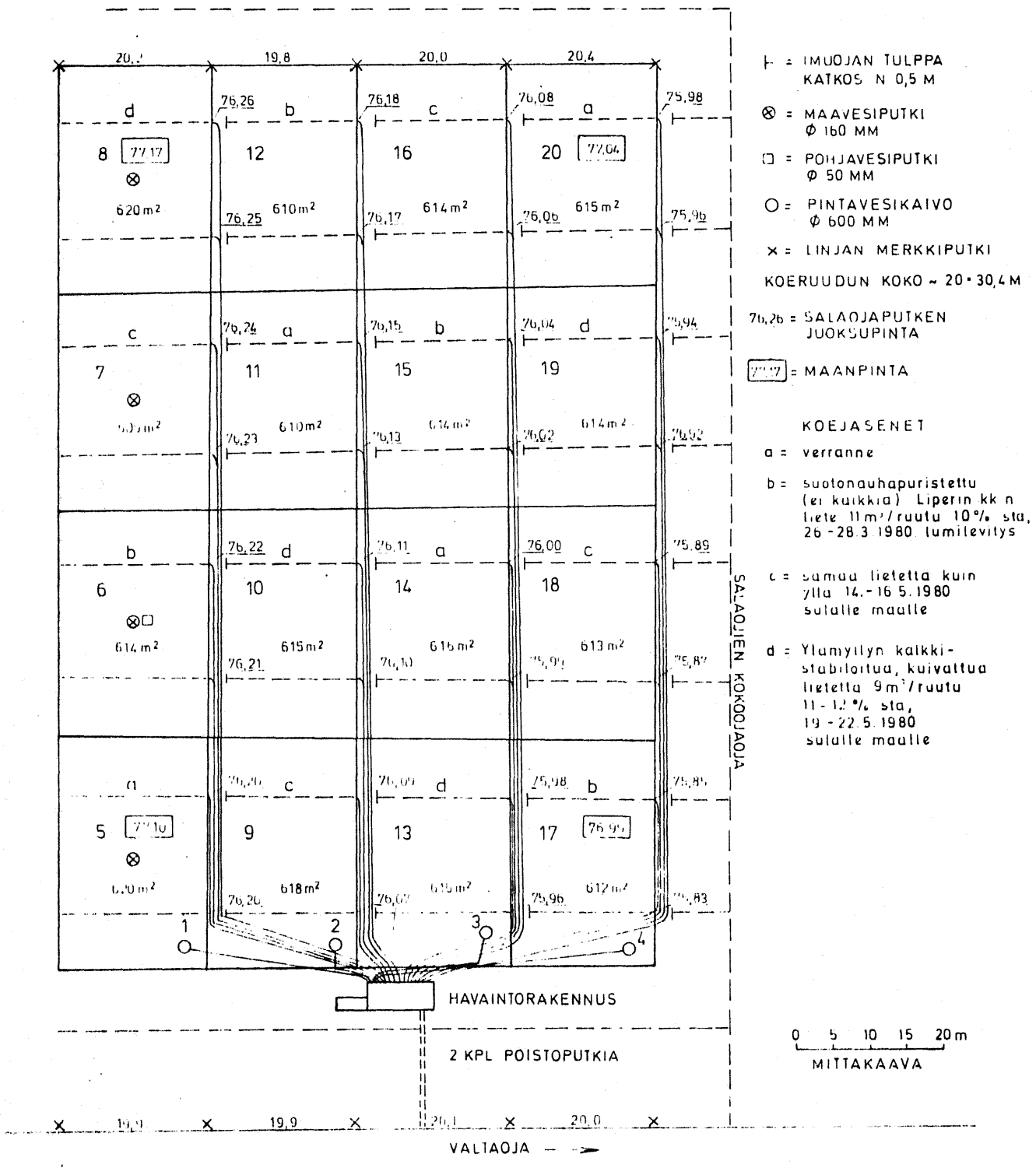
Vesihallinto pyrkii jätevesien puhdistuksessa syntyvän lietteen hyväksikäytön lisäämiseen lannoitus- ja maanparannusaineena, kuitenkin siten, että samalla estetään ympäristön likaantuminen ja vältetään mahdolliset terveysvaarat. Vesihallituksen aloitteesta on perustettu kaksi lietekoekenttää (Liperiin ja Maaningalle), joilla tutkitaan ravinteiden, raskasmetallien, orgaanisen aineen ja bakteerien huuhtoutumista pinta-, maa- ja pohjavesiin sekä kasvien kykyä käyttää hyväkseen ja hajottaa näitä aineita.

Tutkimus suoritetaan yhteistutkimuksena, missä ovat mukana vesihallitus, Maatalouden tutkimuskeskus, Siikasalmen Maatalousoppilaitos Liperissä, Pohjois-Savon koetila Maaningalla ja asianomaiset kunnat.

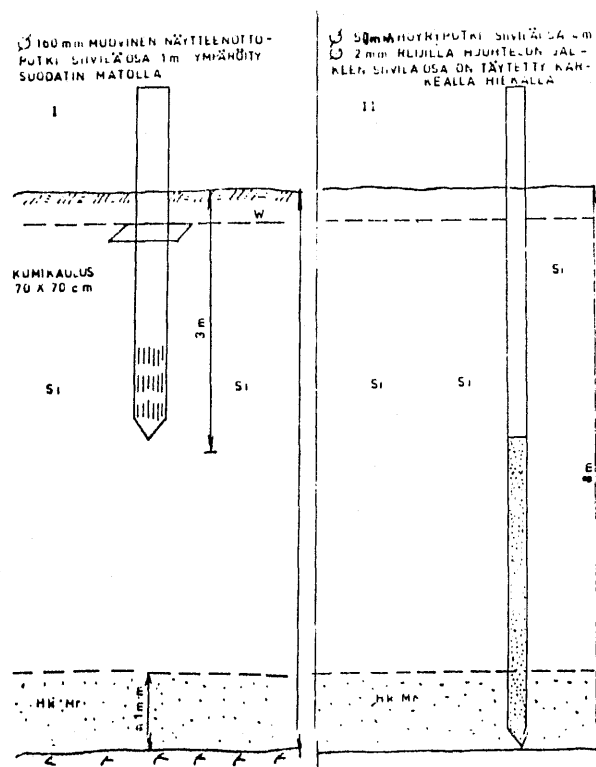
LIPERIN KOEKENTTÄ

Koekenttä on aiemmin salaojitettua peltoa. Kenttä käsittää 16 ruutua, joiden koko on 20 m x 30,4 m eli n. 609-620 m² (kuva 1). Kussakin ruudussa on kaksi salaojaa, jotka on yhdistetty ruudun ulkopuolelle kaivetulla muoviputkella havaintorakennuksessa oleviin mittalaitteisiin. Laitteet rekisteröivät automaattisesti vesimäärän ja keräävät vesinäytteet. Neljältä ruudulta lasketaan myös pintavalunnan määrä ja laatu. Koekentällä on neljä maavesikaivoa ja yksi pohjavesiputki, joista tarkkaillaan pohjaveden korkeutta ja otetaan maa- ja pohjavesinäytteet. Liperin kentän maa- ja pohjavesiputkien rakenne ilmenee kuvasta 2.

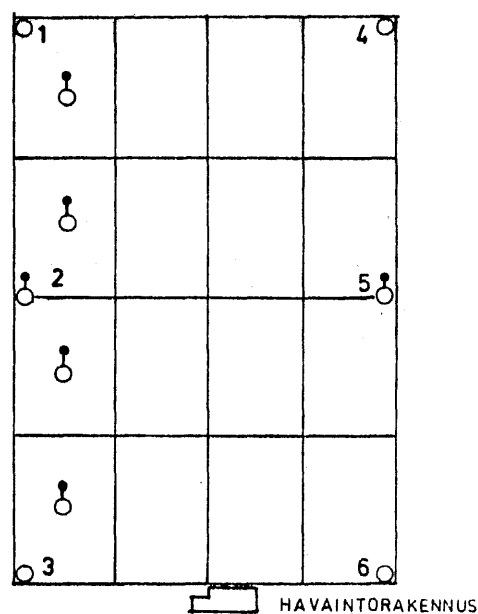
Lietekentällä on suoritettu maaperäkairauksia (kuvat 3 ja 4), Liperin koekentällä maalaji on noin 3 metriin asti savea, jossa se muuttuu saviseksi siltiksi. Kentän keskikaltevuus (salaojien) on 5⁰/oo-6⁰/oo. Alueelle on sijoitettu myöskin maankosteusputki, routaputki ja maalämpömittareita. Talvela suoritetaan lumen syvyys- ja kosteusmittauksia. Varsinaista koekenttää on täydennetty piirtävällä ja tavavallisella sademittarilla sekä Class-A-pannulla haihtumismittauksia varten. Muut säähavainnot saadaan lähimmältä säähavain asemalta.



Kuva 1. Liperin jätevesilietteen koekenttä.



Kuva 2. Liperin koekentän näytteenotto-putket, I maavesi-näytteenotto-putki, II pohjavesinäytteenotto-putki.



○ = KAIRAUSPISTE
● = POHJAVESIPUTKI Ø 160 mm

Kuva 3. Liperin koekentän maaperä- ja pohjavesisuhteiden lisätutkimusten (1.-2.6.1981) kairauspisteet ja pohjavedenkorkeusputket.

1. 3.90 Si
4.30 hk Si
4.35 Hk
e.p.s ki tai ka

2. 2.75 Si
5.10 Ks
6.25 KHk
6.85 Hk Sr
7.65 KHk
e.p.s ki tai ka

3. 7.50 Si
8.15 Hk+ki
e.p.s ki tai ka

4. 4.20 Si
e.p.s ki tai ka

4.A 5.25 Si
6.05 KHk
e.p.s ki tai ka

5. 7.80 Si
8.95 hk Si
9.70 KHk
e.p.s ki tai ka

6. 6.70 Si
7.35 hk S
8.20 KH k
9.10 hk Si
e.p.s ki tai ka

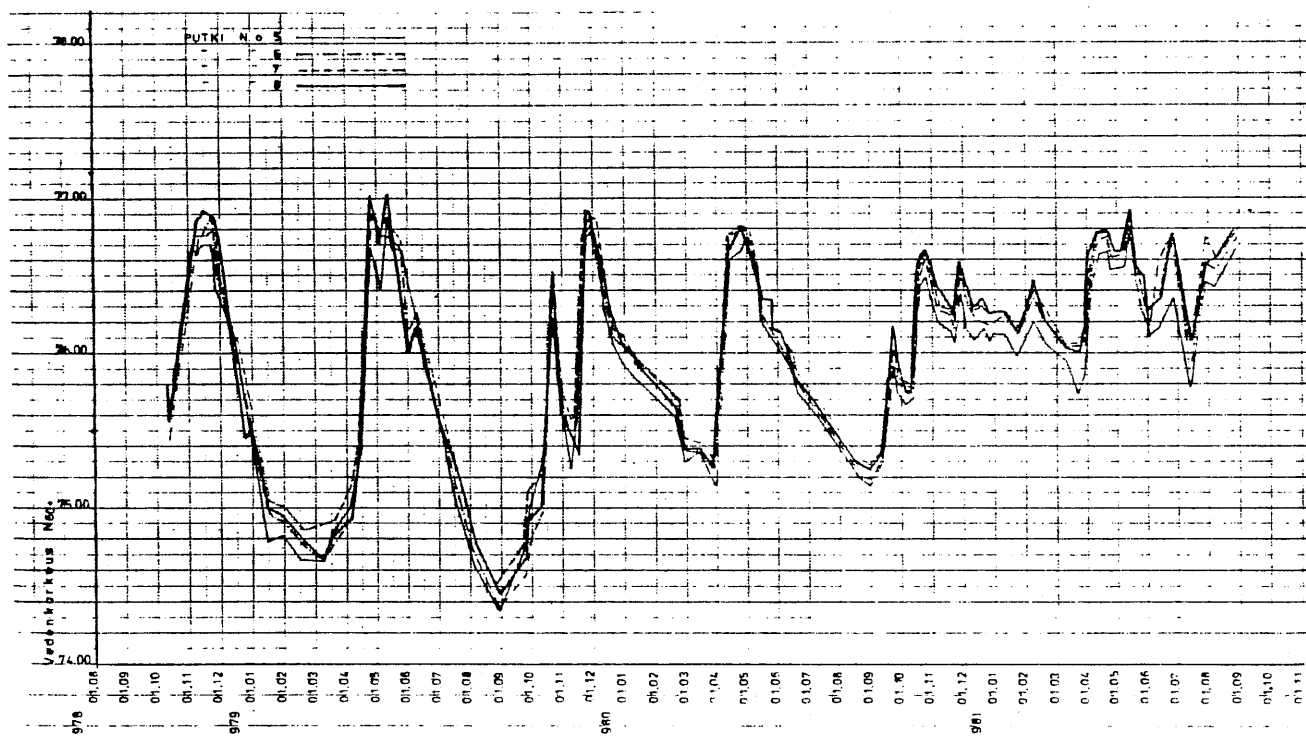
Kuva 4. Liperin koekentän maaperätutkimus. Kairaustulokset (1.-2.6.1981). Kairauspisteet on esitetty kuvassa 3.

Vesinäytteiden analysointi on suoritettu Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimistossa ja vesientutkimuslaitoksen tutkimuslaboratoriossa (raskasmetallit ja maa-alkaalimetallit).

Tutkimus on aloitettu syksyllä 1978. Kevättalveen 1980 asti koekentällä oli ns. kalibrointivaihe eli ruuduille ei levitetty mitään. Koejärjestelyt ilmenevät kuvasta 1. Neljä ruutua toimi verranteena (a) eli nollaruutuina, neljälle levitettiin 20 tn/ha kuiva-aineena Liperin kk:n suotonauhapuristettua (ei kalkkia sisältävää) lietettä lumelle (b). Neljälle levitettiin vastaavaa lietettä vastaava määrä sulalle maalle toukokuussa 1980 (c) ja edelleen neljälle ruudulle Ylämyllyn kalkkistabiloitua kuivattua lietettä 20 tn/ha kuiva-aineena sulalle maalle toukokuussa 1980 (d). Vesinäytteitä on otettu säännöllisesti.

TULOKSET

Pohjaveden korkeusvaihtelut ilmenevät kuvasta 5. Putkien rakentamispiirroksista selvisi, että aiemmat vesinäytteet edustavat maavettä eivätkä varsinaista pohjavettä. Aluetta on keuhalla 1981 täydennetty varsinaisella pohjavesiputkella.



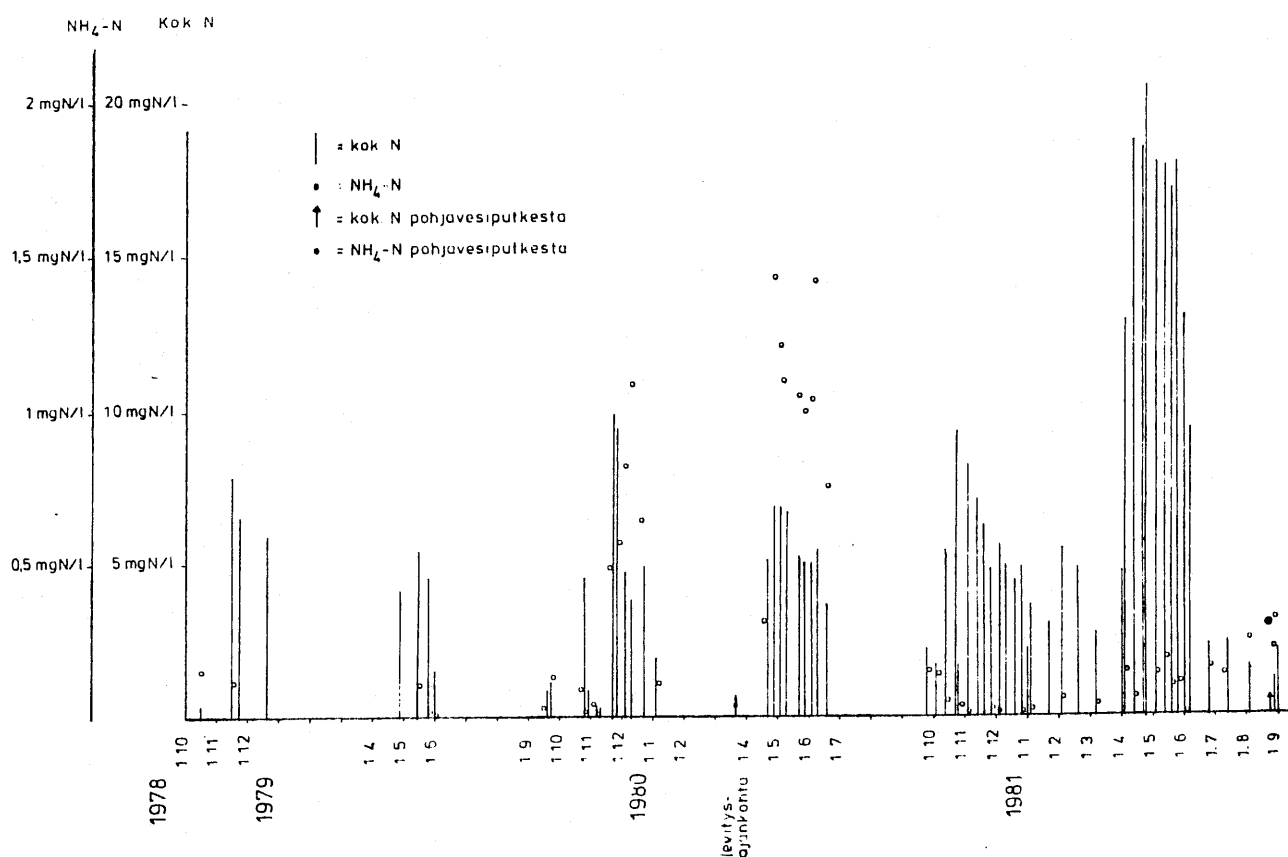
Kuva 5. Liperin koekentän pohjavedenkorkeudet. Havainnot aloitettu 13.10.1978.

Eri ruutujen maavesinäytteiden keskiarvopitoisuudet vaihtelivat keväällä 1979 (ei käsittelyä) seuraavasti: sähkönjohtavuuden arvot 40,4-63,4 $\mu\text{S/m}$, pH 6,35-6,54, väri 32-66 mg Pt/l, COD 6,0-10,3 mg O_2/l , kok.N 3863-5808 $\mu\text{g N/l}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 2883-4728 $\mu\text{g N/l}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ 4,7-11 $\mu\text{g N/l}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 45-108 $\mu\text{g N/l}$, kok.P 95-117 $\mu\text{g P/l}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 11-13 $\mu\text{g P/l}$, Na 8-17 mg/l, K 5,6-9,6 mg/l, Ca 52-77 mg/l, Mg 18-37 mg/l ja Cl 13-51 mg/l.

Syksyn 1979 vastaavat arvot olivat: sähkönjohtavuus 48,3-86 $\mu\text{S/m}$, pH 6,4-6,55, väri 66-106 mg Pt/l, COD 6,9-11 mg O_2/l , kok.N 3242-5930 $\mu\text{g N/l}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 2002-3032 $\mu\text{g N/l}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ 21-57 $\mu\text{g N/l}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 64-379 $\mu\text{g N/l}$, kok.P 65-209 $\mu\text{g P/l}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 8-25 $\mu\text{g P/l}$, Na 8-17 mg/l, K 6-14 mg/l, Ca 48-77 mg/l, Mg 18-30 mg/l, Cl 15-59 mg/l.

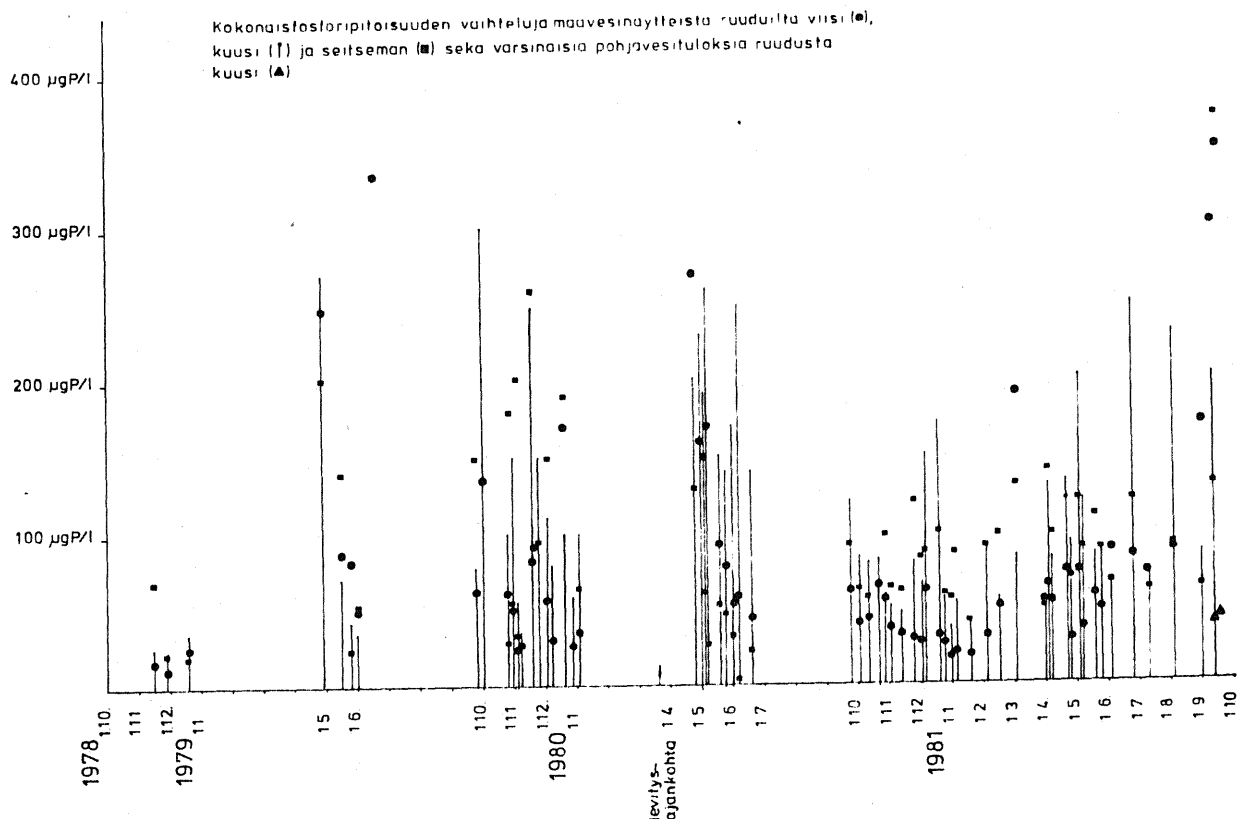
Keväällä 1980 selvimmin erottui lumelle lietettä levitetystä ruudulta tulvakauden kestänyt yli 1 mg ylittävä ammoniumtypen pitoisuus. Muissa ruuduissa vastaavana ajankohtana ammoniumtypen pitoisuus pysytteli alle 100 $\mu\text{g/l}$. Kokonaistypen määrässä ei ollut selvää eroa verranteeseen. Myöskin nitriittipitoisuus ruudun 6 tuloksissa oli tulva-ajan korkeampi kuin muissa. Kokonaisfosforipitoisuudet olivat kaksinkertaiset ruutujen 6 ja 7 tuloksissa verrattuna ruutujen 5 ja 8 tuloksiin. Syksyllä 1980 kokonaistypen pitoisuudet nousivat yli 10 mg N/l veden korkeuden noustessa välille 76,64-76,30 (22.10.-2.12.1980) ruudulla 7, muualla pitoisuudet pysyttelivät alle 5 mg N/l.

Pohjaveden poikkeuksellisesta korkeudesta ja maan routaantumattomuudesta aiheutui aiemmista talvista poikkeava tilanne keväällä 1981 (mm. salaojista tuli vettä koko talven). Keväällä 1981 maavesinäytteissä suurimmat muutokset tapahtuivat ruutujen 6 ja 7 kokonaistypen pitoisuuksissa 13.4.1981 lähtien (pohjavesipinta 76,79). Pitoisuudet nousivat 6 ruudulla 17-20,5 mg N/l välille. Ruudulla 7 tulokset vaihtelivat 11-19,7 mg N/l välillä. Ruudun 8 tulokset vaihtelivat vastavana ajankohtana 3,3-13 mg N/l välillä (kuva 6). Verranteen arvot vaihtelivat 0,8-5,6 mg N/l.



Kuva 6. Liperin koekentän ruudun 6 maa- ja pohjavesinäytteiden kokonaistypen ja ammoniumtypen vaihtelut. Jätevesilietettä levitettiin lumelle 20 tn/ha maaliskuussa 1980.

Maavesinäytteiden kokonaisfosforipitoisuuksien vaihtelut ruuduilla 5,6 ja 7 ilmenevät kuvasta 7.



Kuva 7. Liperin koekentältä kokonaisfosforipitoisuuden vaihteluja maavesinäytteistä ruudulta viisi (•), kuusi (○) ja seitsemän (■) sekä varsinaisia pohjavesituloksia ruudulta kuusi (▲).

Bakteeripitoisuudet ennen toimenpidevaihetta vaihtelivat indikaattoriorganismista riippuen seuraavasti: Fekaalisten kolimuotoisten määrä vaihteli 1-100 kpl/100 ml, yleensä alle 10 kpl/100 ml ja enterokokkien määrä 2-29 kpl/100 ml. Kolimuotoisten 35°C:ssa kasvatettujen bakteerien määrä vaihteli 0-8000 kpl/100 ml. Keväällä 1980 toimenpiteiden jälkeen bakteerimäärät pysyttelivät varsin alhaisina ilmeisesti osaksi ainakin ilmastollisista seikoista johtuen. Fekaalisten kolimuotoisten määrä vaihteli 0-30 kpl/100 ml, enterokokkien 0-180 kpl/100 ml ja 35°C:ssa inhiboitujen kolimuotoisten määrä 0-272 kpl/100 ml. Syksyllä 1980 saatujen tulosten mukaan fekaalisten kolimuotoisten määrä oli alle 10 kpl/100 ml, enterokokkien määrä 3-128 kpl/100 ml ja kolimuotoisten 35°C:ssa kasvatettujen määrä vaihteli 0-590 kpl/100 ml. Levityksillä ei voitu todeta vaikutuksia maaveden indikaattoribakteeripitoisuuksiin.

Raskasmetallien pitoisuusvaihtelut olivat kalibrointijaksolla Zn 20-500 µg/l, Cu 30-159 µg/l, Ni 18-110 µg/l, Pb 8,3-45,5 µg/l, Cd 1-1,2 µg/l, kok.Cr 1-7,3 µg/l ja Hg < 0,1 µg/l. Toimenpiteiden jälkeen vaihtelut olivat Zn 30,2-115 µg/l, Cu 17,3-100 µg/l, Ni 23,7-86,7 µg/l, Pb 4-26 µg/l, Cd 0,11-1,1 µg/l, kok.Cr 0,11-21 (keväällä 1980 verranteessa ja ruudulla 6 maksimiarvot) ja Hg < 0,1-0,42 (maksimi keväällä 1981 ruudulla 7). Selviä merkkejä raskasmetallien kulkeutumisesta maaveteen tämän tutkimuksen perusteella ei voi tehdä.

TULOSTEN TARKASTELU

Tässä yhteydessä tarkastellaan hieman lähemmin typen ja fosforin kulkeutumista maaperässä. Orgaanisten lannoitteiden tiedetään olevan kasvuvaikutuksiltaan pitempiaikaisia kuin epäorgaanisten lannoitteiden. Ravinnetasapaino maaperän vedessä riippuu maalajista, sateen ja haihdunnan määrästä ja viljelykasvista. Kevään 1981 maavesinäytteissä todetut aiempaa korkeammat kokonaistypen ja nitraattitypen pitoisuudet (vastavia arvoja löytyy kirjallisuudesta) ansaitsevat erityistä huomiota. Lind (1978) toteaa nitraattitypen olevan ainoa muoto kasviravinteista, joka liikkuu maaperässä maaveden liikkeitä seuraten eikä sitoudu maahiukkasiin. Edellisen mukaan savi- maassa, missä pohjavesi sijaitsee syvemmissä kerroksissa, uuttuva typpi voi kulkeutua n. 4 m:iin. Pelkistyneissä kerroksissa tämän alapuolella on otaksuttavissa nitraatin pelkistymistä ja tyypellä ei olisi suurissa pitoisuuksissa mahdollisuuksia varsinaiseen pohjaveteen. Tätä tukevat uusimmat varsinaisesta pohjavedestä saadut tulokset. Hiekkamailla tyypeä uuuttuu 2-3 m:n syvyydellä olevaan pohjaveteen (lietelannan levityskoe Kesälahti 1973). On mahdollista osoittaa kasvavia nitraattipitoisuuksia syvemmilläkin pohjavesissä hiekkamailla. Lindin mukaan uuttuva typpi ei ole tavallisesti peräisin suoraan lisätyistä typpilannoitteesta, vaan seurausta mineralisaatiosta ja kasvien kasvukauden jälkeen tapahtuvasta biologisesta hajotustoiminnasta. Maaperän happi- ja ferrorautaoloilla on merkitystä ravinnepitoisuuksiin maavedessä.

Tulosten mukaan fosforipitoisuudet maavesinäytteissä ovat korkeampia kuin varsinaisessa pohjavedessä.

Liperin koekentällä, jonka pinta-ala yhteensä on noin 1 ha ja jolla on useita koejäseniä vierivieressä, tuskin pystytään saamaan yksiselitteistä kuvaa eri toimenpiteiden vaikutuksista varsinaiseen pohjaveteen. Tämä edellyttää laajempaa aluetta kutakin koejäsentä varten. Toisaalta oikein rakennetuista maavesinäyteputkista saataneen tuloksia, joista pystytään erottamaan eri toimenpiteiden vaikutukset näinkin pienillä koealoilla.

KIRJALLISUUS

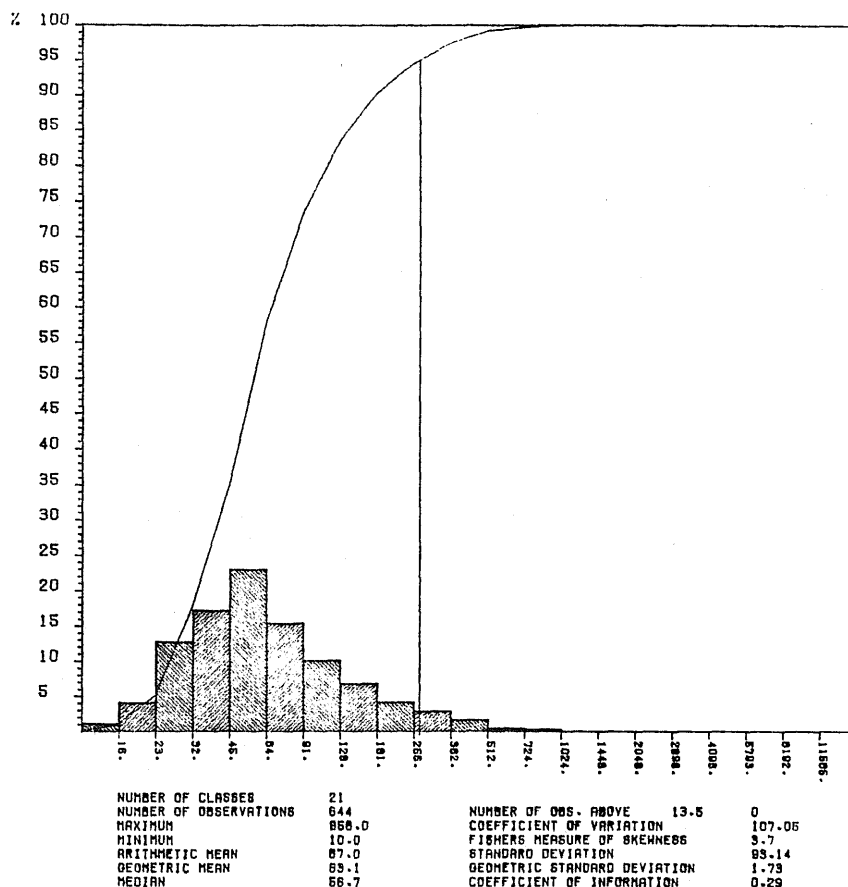
Lind, A-M. 1978. Nitrogen in soil water. Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP meeting Hanasaari 31.7.-3.8.1978. Papers of sessions. Inv.-1-23.

Fil.maist. Matti Taka
Geologinen tutkimuslaitos

H Y D R O G E O K E M I A L L I S E N K A R T O I T U K S E N
Y H T E Y D E S S Ä S A A T U J A H A V A I N T O J A J A
N I I D E N T U L K I N T A

Luonnontilaisen tasapainon tunteminen on pohjavettä likaavan kuormituksen selvittämisen edellytys. Pohjavesien hydrogeokemiallisen kartoituksen aineiston tilastollinen käsittely tulee antamaan erilaisten kallioperäalueiden ja erilaisten maaperägeologisten olosuhteiden mukaisen pohjavesien fysikaaliskemiallisten parametrien jakauman. Aineistoon joutuu tietenkin mukaan myös ulkopuolisen kuormituksen häiritsemiä näytteitä, mutta voidaan katsoa, että ne häviävät luonnontilaisten näytteiden suuren joukkoon tai muodostavat näkyvästi enemmistöstä poikkeavan ryhmän, jota voidaan tarkastella erikseen.

Koska hydrogeokemiallisen kartoituksen tässä vaiheessa tietokoneelle viety aineisto kattaa vasta noin 70 % Suomen pinta-alasta, ei systemaattista tilastollista käsittelyä ole vielä tehty, ovat käytettävissä olevat tulokset vielä hajahavaintoja. Tuloksista olen tähän poiminut kartan ja muuttaman graafisen esityksen. Raskasmetallien anomaalisia pitoisuuksia kuvaavista kartoista huomataan, että korkeimmat pitoisuudet keskittyvät tiettyjen kivilajien alueelle.



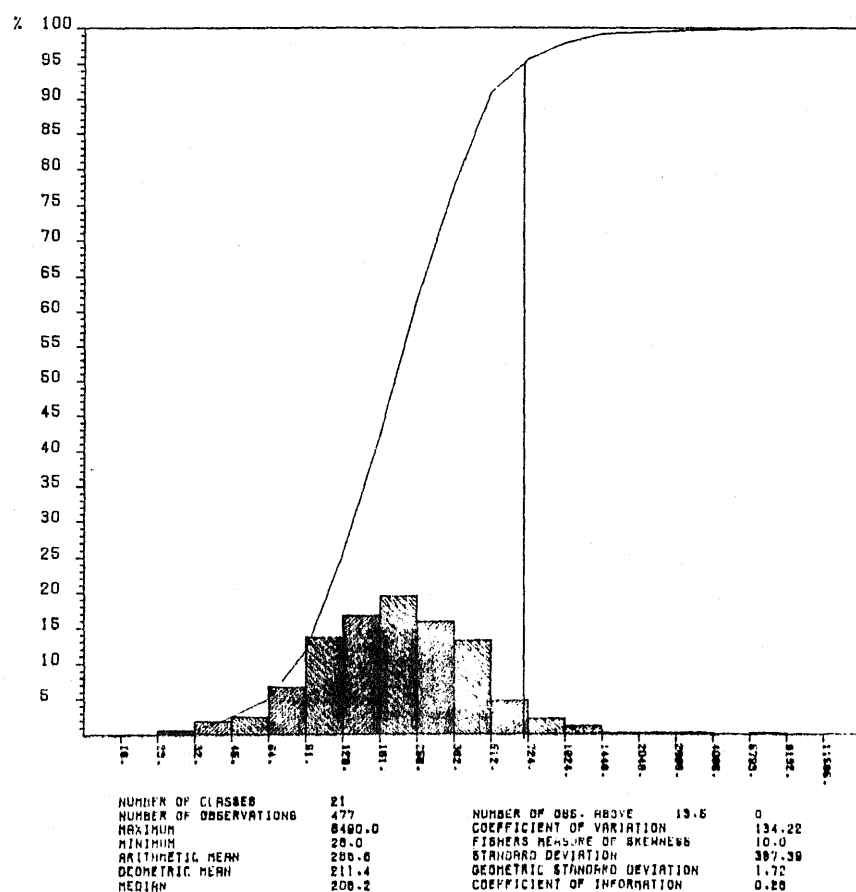
GEOLOGINEN TUTKIMUSLAITOS
MAAPERÄOSASTO
1981-01-16

HYDROGEOKEMIALLINEN TUTKIMUS, AINEISTONA HYD07878

HAVAITOPAIKKA LALK. ASTEIKKO L00 V2

JOHTOKYKY

Lähteet ja
lähdekaivot



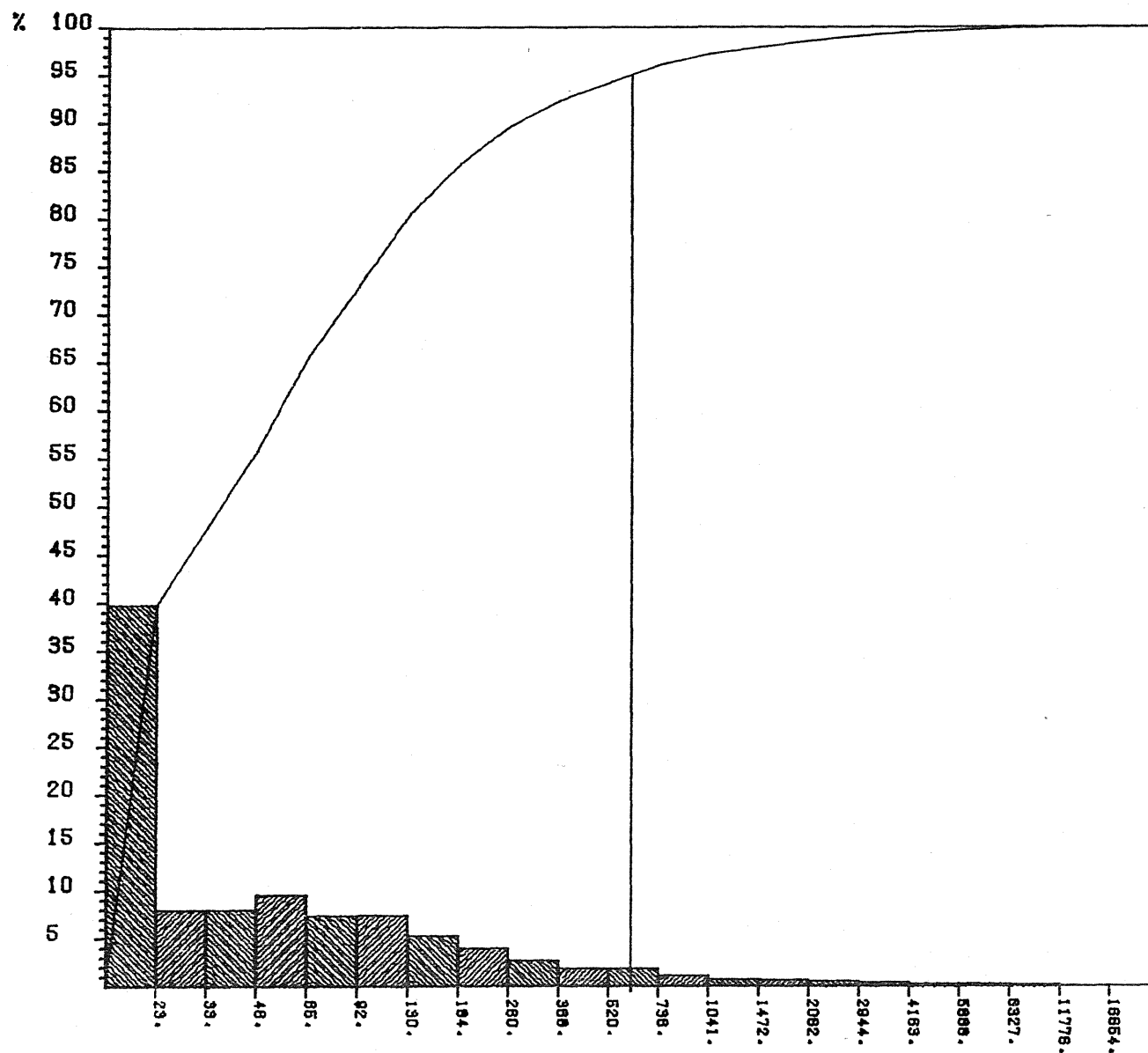
GEOLOGINEN TUTKIMUSLAITOS
MAAPERÄOSASTO
1981-01-16

HYDROGEOKEMIALLINEN TUTKIMUS, AINEISTONA HYD07878

HAVAITOPAIKKA PK . ASTEIKKO L00 V2

JOHTOKYKY

Porakaivot



NUMBER OF CLASSES 21
 NUMBER OF OBSERVATIONS 3024
 MAXIMUM 9999.0
 MINIMUM 1.0
 ARITHMETIC MEAN 169.0
 GEOMETRIC MEAN 45.9
 MEDIAN 35.7

NUMBER OF OBS. ABOVE 14.0 0
 COEFFICIENT OF VARIATION 364.97
 FISHERS MEASURE OF SKEWNESS 9.7
 STANDARD DEVIATION 616.82
 GEOMETRIC STANDARD DEVIATION 6.71
 COEFFICIENT OF INFORMATION 0.30

GEOLOGINEN TUTKIMUSLAITOS
 MAAPERÄOSASTO
 1981-01-15

HYDROGEOKEMIALLINEN TUTKIMUS. RINNEISTONA HYD67878

VAAKA-AKSELIN ARTEIKKONA LOG V2

SINKKI

III

POHJAVESITUTKIMUS KONSULTTITOIMINNAN KANNALTA

Puheenjohtaja: fil.kand. Pentti Noras

Fil.maist. Heikki Wihuri
Maa ja Vesi Oy

POHJAVESITUTKIMUS KONSULTTITOIMINNAN KANNALTA

MIKÄ ON KONSULTILLE SOPIVA TEHTÄVÄ

Konsulttitoiminnalle sopivin on sellainen toimeksianto tai tehtävä, joka on tarkoin rajattu ajan, paikan ja sisällön suhteen. Toiminnan selvä tavoitteellisuus sekä sen yksityiskohtainen rajaaminen mahdollistavat tehtävän sopimusvaiheisen tarkan määrittelymisen. Tällöin voidaan myös konsultin palkkio ja toisaalta konsultin kyky suorittaa annettu tehtävä tarkoin arvioida. Yleisluontoinen ja pitkiäkin aikoja kestävä perustutkimus sen sijaan on vaikea toteuttaa mikäli osapuolilla on erilainen käsitys annetusta tehtävästä.

MIKSI KONSULTTI ON SOPIVA

Suomen Konsulttitoimistojen Liiton jäsen-toimistojen toiminnan eräänä johtavana ajatuksena on toimia toimeksiantajan riippumattomana luottamushenkilönä, joka omaa tarvittavan asiantuntemuksen suorittamaansa tehtävään. Tämän mukaisesti toimistot pyrkivät jatkuvuuteen, mikä puolestaan aiheuttaa pyrkimyksen rehelliseen tosiasioiden perustuvaan kannanottoon sekä työn moitteettomaan suorittamiseen. Toiminnassa on oleellista se, että konsulttitoimiston olemassaolon eh-
tona on myös joustavuus.

Pohjavesitutkimuksia ajatellen on konsulttitoiminnassa myös se etu, että tutkijoiden suhde suunnitteluun ja suunnittelijoihin on erittäin läheinen. Näin saadaan palautetta tutkijoille siitä, mitkä seikat hankkeen edelleen kehittämiseksi ovat oleellisia ja millä seikoilla on kussakin yksittäistapauksissa vähäisempi merkitys. Pohjavettä koskevissa oikeudellisissa selvittelyissä on konsulttitoiminnan riippumattomuus luvan myöntävästä ja siihen asiantuntijana lausuntonsa antavasta organisaatiosta asian kaikille osapuolille ensiarvoisen tärkeätä.

Konsultin toimintaa arvostellaan välittömästi sen taloudellisuuden perusteella. Työn tuloksen ei tule olla ainoastaan tapahtuman hetkellä taloudellinen vaan sen tulee kestää vuosien ja jopa vuosikymmenien jälkeen tapahtuva arvostelu. Tämä tosiasia tunnetaan ja tunnustetaan konsulttitoimistoissa ja tämän päämäärän takaamiseksi ponnistellaan jatkuvasti sillä onhan se toiminnan elinehtoja.

MITA KONSULTTI TEKEE TANAAAN

Konsultin pääasiallinen toiminta on tavoitetutkimusta jonkin asian teknistä hyödyntämistä varten. Tutkimukselle asetetaan aina selvä tavoite, johon pääsemiseksi ponnistellaan. Viime-aikojen kehitys on johtanut yhä monimutkaisempien ja vaikeammin hallittavien tutkimusten tekemiseen. Pohjavesitutkimuksissa on siirrytty yhä vaikeammin hyödynnettävien esiintymien tutkimiseen sekä jo käytössä olevien esiintymien käytön tehostamisen selvittämiseen. Erityisesti on ollut esillä raudan ja mangaanin aiheuttamat ongelmat.

Tehtävien muuttuminen yhä monimutkaisemmiksi ja uudelta kannalta asioita tarkasteleviksi on johtanut kehitystyön tekemiseen. Tätä työtä on tehty sekä selvittelemällä raudan ja mangaanin esiintymistä biologisin ja kemiallisin parametrein sekä pohjaveden esiintymistä ja liiketilaa koskevin tutkimuksin. Kehitystyön tuloksia on raportoitu osaltaan jo aikaisemmin tässä seminaarissa, osaltaan lehtiartikkelein pohjaveden syvätutkimusmenetelmistä.

Konsulttitoiminta edellyttää myös jatkuvaa koulutusta. Koulutusta annetaan kahdella tavalla: lähettämällä henkilökuntaa erilaisille kursseille ja seminaareihin sekä luennoimalla eri yhteyksissä. On havaittu, että luennoitsijat paneutuessaan esitykseensä samalla kertaaavat jo oppimaansa sekä kehittävät uusia ajatuslinjoja työtänsä tehdessään.

ONKO TYÖN JAOSSA JOTAIN VINOSSA

Suomessa vallalla olevan oikeustajun mukaan on lainsäädäntövalta, lain käyttövalta sekä lain valvonta erotettu toisistaan. Tästä periaatteesta johtuen arvostellaan usein vesihallitusta siitä, että se toimii hankkeissa tutkijana, suunnittelijana, toteuttajana ja vielä asiantuntijana oikeuskäsittelyssä. Onko arvosteluun aiheutta vai onko reaktio tunnepohjainen on vielä selvittämättä. Samoin on selvittämättä onko vesipiirien harrastama hankekohtainen toiminta kilpailua yksityisen sektorin kanssa vai onko kysymys niistä tehtävistä, jotka muuten varojen puutteessa jäisivät tekemättä.

MITA KONSULTTI ODOTTAA JULKISELTA VALLALTA

Konsulttitoiminnassa odotetaan, että julkinen valta asettaa ne pelisäännöt, joiden mukaan toimitaan. Pelisääntöjen laatiminen on tyypillisintä julkisen vallan toimintaa, jota se ei voi delegoida millekään muulle organisaatiolle. Samoin on perustutkimus, sen tulostus erinomaisen tärkeitä ja konsulttien kovasti kaipaamaa. Samaten pitkälle viedyt sovellutustutkimukset, joiden luonne pitkäaikaisina ja polveilevina edellyttää toimintaa välittömästä hyödyntämismahdollisuudesta riippumatta, on sellaista, mitä jo pitkään on kaivattu. Varmasti

tutkimuksia on tehty ja niitä on edelleen tekeillä, mutta niistä tiedottaminen on ilmeisesti liian vähäistä. Veden tarvitsijat, sen suojelijat ja sen mahdolliset likaajat toivovat julkiselta vallalta yleisiä suuntaviivoja siitä, mikä pohjaveden käytön yleisen edun kannalta on edullista, suosittavaa ja mikä taas puolestaan haitallista ja vältettävää eli eräänlaisen "pohjavesipolitiikan" luomista. Samoin eri toimeksiantojen käynnistämisessä kaivataan neuvontatyötä, joka ohjaa tutkimuksen teettäjää ja antaa hänelle perustietoja. Pohjavesi, siihen liittyvät tutkimukset ja suunnittelu ovat erikoisalan työtä, jonka ei voida olettaa kuuluvan kenenkään yleissivistykseen.

Pohjaveden suojaaminen ja sen käytön valvonta sekä valtakunnallinen ja alueellinen tarkkailu kuuluvat ehdottomasti julkisen vallan toimintapiiriin. Kerätyn aineiston ja tietojen tulee olla kaikkien saatavissa sekä valvovan viranomaisen auktoriteetin niin suuri, ettei synny epätietoisuutta pohjaveden tilasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

